



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü



FARKLI SABİT PEKİŞTİRME TELLERİNİN KUVVET ETKİSİ ALTINDAKİ DEFORMASYONLARININ İN VİTRO OLARAK İNCELENMESİ

Doktora Tezi

Dt. Çelik ATAGÜN

Ortodonti Anabilim Dalı

İZMİR
(2021)

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

**FARKLI SABİT PEKİŞTİRME TELLERİNİN KUVVET
ETKİSİ ALTINDAKİ DEFORMASYONLARININ
İN VİTRO OLARAK İNCELENMESİ**

Doktora Tezi

Dt. Çelik ATAGÜN

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Tevfik Hakan BULUT

Ortodonti Anabilim Dalı
Ortodonti Doktora Programı

İZMİR
(2021)

DEĞERLENDİRME KURULU ÜYELERİ

(Adı Soyadı)

(İmza)

Başkan : Doç.Dr. Tevfik Hakan

(Danışman) BULUT

Üye : Prof.Dr. Tijen PAMİR

Üye : Doç.Dr. Furkan

DİNDAROĞLU

Üye :Prof.Dr.Mehmet İrfan

KARADEDE

Üye : Prof.Dr. Törün ÖZER

Üye : Prof.Dr. Ayşe Özcan Alev

ÇINSAR

Doktora Tezinin kabul edildiği tarih:

ÖNSÖZ

Doktora eğitimimi taçlandıran bu tez çalışması bana ortodontik tedavi sonrası klinik olarak nelere dikkat etmem gerektiği konusunda çok şey öğretti. Dilerim ki, okuyan diğer meslektaşlarım da, bu çalışmadan yararlanırlar. Üzerinde çok araştırma yapılmamış bir konuda çalışmak, dalgalı bir denizde yüzmek gibiydi benim için. Kimi zaman yorucuydu, kimi zamansa engellere rağmen ilerlediğimi fark ettiğim için ümit vericiydi. Bu çalışma sayesinde, bir konuda her zaman daha ötesini araştırabileceğimi, bilimsel konuların bile dipsiz birer kuyu olduklarını fark ettim. İyi ki böyle bir kurum çatısı altında, böyle bir eğitimden geçme şansı bulup, meyve olarak bu çalışmayı yazabildim. Teşekkürlerimi çalışmamın ilgili bölümde bulabilirsiniz.

ÖZET

FARKLI SABİT PEKİŞTİRME TELLERİNİN KUVVET ETKİSİ ALTINDAKİ DEFORMASYONLARININ İN VİTRO OLARAK İNCELENMESİ

Amaç: Sabit pekiştirme apareylerinin deformasyonları sonucunda, klinik olarak çeşitli istenmeyen diş hareketleri meydana gelebilmektedir. Çalışmamızda farklı yapı ve özellik gösteren sabit pekiştirme tellerinde, kuvvet etkisi sonucu meydana gelen deformasyon miktarı ve şeklinin üç boyutlu tarayıcılar kullanılarak ölçülmesi ve ölçümlerin tel tiplerine göre karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Gereç ve Yöntem: Twist Flex 0.175 (American Orthodontics, Sheboygan, ABD), Bond-a-braid (Reliance Orthodontic Products, Itasca, ABD) ve NiTi Retainer (Beijing SmartTechnology, Beijing, Çin) tipindeki üç farklı pekiştirme telinden oluşan üç grupta 10'ar adet örnek oluşturulmuştur. Bu örnekler 3SHAPE TRIOS 3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) tarayıcı ile deformasyon öncesinde iki defa, deformasyon sonrasında ise bir defa dijital olarak taranmış ve bu örnekler eş şartlarda kuvvet baskısı altında universal test cihazı (Autograph AGS-J, Shimadzu, Kyoto, Japonya) ile deforme edilmişlerdir. Deformasyon sonrası tekrar taranan örneklerin tarama görüntüleri bilgisayar ortamına aktarılmış, GOM Inspect (GOM Software 2018 Hotfix 6, Braunschweig, Almanya) programı kullanılarak karşılaştırılmış ve örneklerde meydana gelen deformasyonlar dijital olarak ölçülmüştür. Bu deformasyonlar lineer ve açısal olarak ölçülmüştür. Lineer ölçüm A, B ve C, örneklerdeki objenin uç noktalarındaki üç nokta arasındaki lineer mesafedir. Açısal ölçümler de üçe ayrılmaktadır. Telde meydana gelen torsiyonu Açısal Ölçüm TORC, kuvvet yönünde meydana gelen deformasyonu Açısal Ölçüm Fd ve kuvvetin doğrultusuna dik yöndeki deformasyonu ise Açısal Ölçüm Fp ortaya koymaktadır.

Bulgular: Lineer Ölçüm A, B ve C'ye göre en fazla deformasyon Flexible Spiral Wire tipinde olan Twist Flex 0.0175" telinde meydana gelmiştir. Gruplar kendi aralarında değerlendirildiğinde dead wire tipinde bir retainer teli olan Bond-a-braid ile flexible spiral wire tipinde bir tel olan Twist Flex 0.0175" arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir. ($p<0.05$)

Açısal Ölçüm TORC değerlerine göre saptanan değerler, metot hatası da göz önünde bulundurulduğunda, klinikte gözlemlenen komplikasyonlara bir açıklama getirmek

için yeterli bulunmamıştır. Gruplar kendi aralarında karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Açısal Ölçüm F_d 'a göre en fazla deformasyon Twist Flex 0.0175'de meydana gelmiştir. Twist Flex 0.0175" ile Bond-a-Braid grubu karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcuttur ($p<0.05$).

Açısal Ölçüm F_p ölçümüne göre gruplar kendi aralarında kıyaslandığında, istatistiksel anlamda bir fark görülmemiştir.

Sonuç: Farklı pekiştirme teli malzemelerinin, kuvvet uygulanmasının ardından meydana gelen deformasyonları arasında belirgin bir fark mevcuttur. Bond-a-Braid tipindeki pekiştirme teli en az, Twist Flex 0.0175" tipindeki tel en fazla deformasyon göstermiştir. Buna rağmen elde ettiğimiz bulgular tek başına klinikte karşılaştığımız tüm komplikasyonları açıklamaya yeterli değildir. Vida etkisi teorisi de bu komplikasyonların anlaşılması için değerlendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: pekiştirme teli, lingual retainer, sabit pekiştirme, nüks, deformasyon

ABSTRACT

IN VITRO INVESTIGATION OF THE DEFORMATION OF DIFFERENT RETAINER WIRES UNDER FORCE

Objective: During the usage of fixed retainers, there are some unexpected complications of fixed retainers which can be seen in the literature. Teeth tend to move suddenly, without any fractures or debonding seen on the retainer, after a long time passed from the end of active orthodontic treatment. Researchers are having a trouble when explaining these complications with scientific proofs. In our research we investigate the deformation of different retainer wires after force application.

Materials and Methods: Twist Flex 0.175 (American Orthodontics, Sheboygan, USA), Bond-a-braid (Reliance Orthodontic Products, Itasca, USA) and NiTi Retainer (Beijing SmartTechnology, Beijing, China) wires are examined. 30 samples were constructed, 10 in each group, to examine the structural properties and deformation of retainer wires. A special deformation mechanism was developed and all samples were deformed with universal testing machine. Three 3D scans were taken for each sample with TRIOS 3 (3Shape, Copenhagen, Denmark), two before the deformation process and one after the deformation process. The .stl files from the scans were taken and measurements were made on them by using GOM Inspect (GOM Software 2018 Hotfix 6, Braunschweig, Germany). Three linear and three angular measurements were made to calculate the deformation amount of the samples. Total of three different points on the tips of the object are selected. Linear measurements are calculated with the function of; distance between two points (Linear Measurements A, B, C). Angular measurements are describing the torsion on the wire (Angular Measurements Torque), the displacement of the wire in the direction of force (Angular Measurements Fd) and the displacement of the wire perpendicular to the direction of force (Angular Measurements Fp).

Results: All linear measurements are the lowest in Bond-a-Braid group, followed by NiTi retainer group and then Twist Flex 0.175 group. All linear measurements have statistically significance between Twist Flex 0.175 and Bond-a-braid group ($p < 0.05$).

Angular Measurements Torque and Angular Measurements Fp is not clinically significant. Angular Measurements Fd has the lowest value in Bond-a-Braid group, followed by NiTi retainer group then Twist Flex 0.175 group and the values are statistically significant between Twist Flex 0.175 and Bond-a-Braid group ($p < 0.05$).

Conclusion: The deformation caused by force application on the wire are not the same in different type of wires. Bond-a-Braid showed the lowest and Twist Flex 0.175 showed the highest deformation value. However some complications cannot be explained with these deformations. The screw effect theory must be examined to understand these unexpected complications.

Keywords: retainer wire, lingual retainer, fixed retainer, relapse, deformation

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
ÖZET.....	II
ABSTRACT	IV
Grafikler	VIII
Tablolar	VIII
Resimler	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XII
BÖLÜM I.....	1
1. Giriş.....	1
BÖLÜM II.....	3
2. Genel Bilgiler	3
2.1. Pekiştirme ve Nüks'ün Tanımı	3
2.2. Pekiştirme Tedavisinin Gerekliliği ve Kapsamı	3
2.3. Pekiştirme Apareyleri.....	4
2.3.1. Hareketli Pekiştirme Apareyleri.....	4
2.3.2. Sabit Pekiştirme Apareyleri	4
2.4. 3 Boyutlu Görüntüleme Teknikleri	11
2.4.1. Masaüstü Tarayıcılar	11
2.4.2. Ağız İçi Tarayıcılar	11
2.5. Ünlversal Test Cihazı.....	12
2.6. Isırma Kuvvetinin Değerlendirilmesi.....	12
BÖLÜM III	13
3. Gereç ve Yöntem.....	13
3.1. Düzenegin Geliştirilmesi.....	13
3.2. Örneklerin Oluşturulması.....	14
3.3. Örneklerin Taranması	21
3.4. Örneklerin Ünlversal Test Cihazında Deforme Edilmesi	23
3.5. Örneklerin Kuvvet Uygulaması Sonrası Tekrar Taranması.....	24
3.6. Kuvvet Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Yapılan Taramaların Çakıştırılması	25

3.7. Taramalar Arasındaki Milimetrik ve Açısal Farkların Ölçümü.....	27
3.8. Tarama Cihazının Güvenilirliğinin Ölçümü	40
3.9. İstatistiksel Değerlendirme.....	43
BÖLÜM IV	44
4. Bulgular.....	44
BÖLÜM V	53
5. Tartışma.....	53
5.1. Amacın Tartışılması.....	53
5.2. Gereç ve Yöntemin Tartışılması	53
5.2.1. Düzeneğin, Örneklerin ve Deformasyon Tekniğinin Tartışılması.....	53
5.2.2. Tarama Cihazının ve Yönteminin Tartışılması	55
5.2.3. Ölçüm Metotlarının Tartışılması.....	56
5.3. Bulguların Tartışılması.....	60
6. Sonuç ve Öneriler.....	65
BÖLÜM VII.....	67
7. Kaynaklar	67
TEŞEKKÜR.....	71
ÖZGEÇMİŞ	71

Grafikler

Grafik 1: Lineer ölçümlerdeki ortalama metot hatası	42
Grafik 2: Açısal ölçümlerdeki ortalama metot hatası	42
Grafik 3: Lineer Ölçüm A ölçümünün ortalama değeri	47
Grafik 4: Lineer Ölçüm B ölçümünün ortalama değeri	48
Grafik 5: Lineer Ölçüm C ortalama değerleri	49
Grafik 6: Açısal Ölçüm TORK ortalama değerleri	50
Grafik 7: Açısal Ölçüm Fd ortalama değerleri.....	51
Grafik 8: Açısal Ölçüm Fp ölçümünün ortalama değerleri.....	52

Tablolar

Tablo 1: Örneklerin deforme edilmeden önce iki defa taranması sonucu ortaya çıkan metot hatası	41
Tablo 2: Lineer Ölçüm A deformasyon değerleri	47
Tablo 3: Lineer Ölçüm B deformasyon değerleri	48
Tablo 4: Lineer Ölçüm C değerleri	49
Tablo 5: Açısal Ölçüm TORK deformasyon değerleri	50
Tablo 6: Açısal Ölçüm Fd deformasyon değerleri	51
Tablo 7: Açısal Ölçüm Fp değerleri.....	52

Resimler

Resim 1: Flexible spiral wire retainer kullanılan bir örnek vaka, 43 nolu diş aldığı aşırı bukkal kök torku nedeniyle vestibul kemiği perfore etmiş, diş devitalize olmuştur (Pazera, Fudalej, & Katsaros, 2012).	7
Resim 2: 0.0155 Three Stranded Twisted (FSW) tel kullanılan bir örnek vaka, alt anterior bölgenin sağ segmenti lingual kron torku almışken, sol segment bukkal kron torku almıştır (Kučera & Marek, 2016).	7
Resim 3: Flexible spiral wire retainer kullanılan, x-effect durumunun gözlemlendiği bir örnek vaka (Katsaros, Livas, & Renkema, 2007).	8

Resim 4: 0.0195 Twist flex (FSW) kullanılan bir örnek vaka, hastanın başlangıç kayıtlarında gözlemlenmeyen şekilde, 33 nolu dişin bukkal kron torku aldığı dikkat çekmektedir (Katsaros, Livas, & Renkema, 2007).	9
Resim 5: Flexible spiral wire retainer kullanılan bir örnek vaka, alt keserler arasında diastemaların oluştuğu dikkat çekmektedir (Kučera & Marek, 2016).	10
Resim 6: Tel sendromu (wire syndrome) olarak literatürde bahsedilmiş duruma örnek bir örnek vaka (Roussarie & Douady, 2018).	10
Resim 7: FSW kullanılan bir örnek vaka, 13 nolu kanin dişin bukkale devrildiği gözlenmektedir (Roussarie & Douady, 2018).	11
Resim 8: Üniversal test cihazına uyumlu şekilde geliştirilen deformasyon düzeneği	13
Resim 9: Üniversal test cihazına uyumlu deformasyon bıçağı	14
Resim 10: Bond – a – Braid retainer teli.....	14
Resim 11: NiTi retainer teli.....	15
Resim 12: Twist flex 0,0175” retainer teli	15
Resim 13: Retansiyon bükümleri dahil olmak üzere 30 mm boyunda hazırlanmış retainer teli	16
Resim 14: Frez ile şekillendirilmiş, ölçümler için lokal çakıştırılmaların yapıldığı obje	16
Resim 15: Üzerinde ölçümler için rehber noktalarının saptandığı obje.....	16
Resim 16: Silikon ölçü maddesinden elde edilmiş kalıp	17
Resim 17: Akışkan kompozit Nexcomp Flow, META BIOMED	17
Resim 18: Retansiyon bükümleri yapılmış telin silikon kalıp içerisine yerleştirilip, kompozit örneklerin oluşturulması	18
Resim 19: Silikon kalıptan çıkarılmış örnek.....	18
Resim 20: Kompozit blokların düzeneğe üzerinde hazırlanması	19
Resim 21: Hazırlanan ve düzeneğe yapışmadığı kontrol edilen kompozit bloklar....	19
Resim 22: Örneğin bloklara pasif şekilde akışkan kompozit ile yapıştırılması	19
Resim 23: Köşeli telin geniş kesitine temas eden bıçağın uyguladığı kuvvet	20
Resim 24: Yuvarlak kesitli tele gelen kuvvetin şematik görüntüsü.....	20
Resim 25: Deforme olmuş yuvarlak kesitli telin şematik görüntüsü	20
Resim 26: Geniş kesitine kuvvet gelen köşeli kesitli telin görüntüsü.....	21
Resim 27: Geniş kesiti bıçak yüzeyine temas etmiş olan NiTi retainer teli.....	21
Resim 28: Ağız içi tarayıcı, 3Shape TRIOS 3	22
Resim 29: Model üzerinde taranmakta olan örnek	22

Resim 30: Taranmış örneğin .stl formatındaki görüntüsü.....	23
Resim 31: Universal test cihazı, AGS-J SHIMADZU.....	23
Resim 32: Universal test cihazında, geliştirilen düzeneğin üzerinde deforme olmakta olan bir örnek	24
Resim 33: Deforme edilmiş örneğin tarama görüntüsü	25
Resim 34: Twist Flex 9 kodlu örneğin dosyası ve içerisinde bulunan “.stl” formatındaki üç boyutlu görüntüler	25
Resim 35: Ölçümlerin yapılacağı karşılaştırmanın gerçekleştirilmesi (Ölçüm karşılaştırması)	26
Resim 36: Ölçüm karşılaştırması gerçekleştirilmiş taramalar	26
Resim 37: Ölçüm noktalarının saptanacağı lokal karşılaştırmanın gerçekleştirilmesi ..	27
Resim 38: Ölçüm noktalarının saptandığı lokal karşılaştırma ve objenin görüntüsü	27
Resim 39: İlk taramanın üzerinde noktaların saptanması	28
Resim 40: İkinci taramanın üzerinde noktaların saptanması	28
Resim 41: İki taramada saptanan üçer noktanın ölçüm karşılaştırmasındaki görüntüsü	28
Resim 42: İki taramada saptanan üçer noktanın objeler çıkarılmış halde ölçüm karşılaştırmasındaki görüntüsü	29
Resim 43: Lineer Ölçüm A’nın gerçekleştirilmesi	29
Resim 44: Ölçümün farklı yönlerden görüntüsü	30
Resim 45: Lineer Ölçüm B’nin gerçekleştirilmesi	30
Resim 46: Lineer Ölçüm C’nin gerçekleştirilmesi	31
Resim 47: Lineer Ölçümlerin farklı açılardan görüntüsü	31
Resim 48: Üç düzlemin görüntüsü	32
Resim 49: İkinci objede ölçüm düzlemleri	32
Resim 50: Açısal ölçümler için kullanılan düzlemler	33
Resim 51: Objelerin üzerindeki üç noktanın birleşimiyle oluşturulan düzlemler.....	33
Resim 52: Referans düzleminin oluşturulması	34
Resim 53: Düzlemlerin objeler çıkarıldıktan sonraki görüntüsü	34
Resim 54: Doğruların saptanması	35
Resim 55: Açısal Ölçüm TORK’un gerçekleştirilmesi.....	35
Resim 56: Açısal Ölçüm TORK ölçümünün saptadığı deformasyonun teldeki şematik görüntüsü.....	35
Resim 57: Açısal Ölçüm Fd için düzlemlerin saptanması	36
Resim 58: Düzlemlerin objeler çıkarıldıktan sonraki görüntüsü	36

Resim 59: Açısal Ölçüm Fd için düzlemlerin kesişimi sonucu meydana gelen doğruların saptanması	37
Resim 60: Açısal Ölçüm Fd için iki doğru arasındaki açının ölçümünün yapılması. 37	
Resim 61: Açısal Ölçüm Fd ölçümünün saptadığı deformasyonun teldeki şematik görüntüsü.....	37
Resim 62: Açısal Ölçüm Fp için düzlemlerin saptanması	38
Resim 63: Düzlemlerin objeler çıkarıldıktan sonraki görüntüsü	38
Resim 64: Açısal Ölçüm Fp için düzlemlerin kesişimi sonucu meydana gelen doğruların saptanması	39
Resim 65: Açısal Ölçüm Fp için iki doğru arasındaki açının ölçümünün yapılması. 39	
Resim 66: Açısal Ölçüm Fp ölçümünün saptadığı deformasyonun teldeki şematik görüntüsü.....	40
Resim 67: Bond-a-Braid tipindeki bir örneğin kuvvet lineer deformasyon miktarı grafiği	44
Resim 68: Twist Flex 0,0175” tipindeki örneğin kuvvet/lineer deformasyon miktarı grafiği	45
Resim 69: Dead wire Ni-Ti tipindeki örneğin kuvvet/lineer deformasyon miktarı grafiği	46
Resim 70: Metot hatasının saptanması amacıyla ölçüm karşılaştırması yapılmış örneklerin görüntüsü	56
Resim 71: Deforme olmuş köşeli kesitli telin farklı yönlerden şematik olarak görüntüsü.....	58
Resim 72: Tele gelen kuvvetin şematik olarak görüntüsü	60
Resim 73: Vidanın uygulanış prensibi	63
Resim 74: 6 strand coax Twist flex	63
Resim 75: Respond ve Triple Flex.....	64

KISALTMALAR LİSTESİ

TF: Twist Flex 0.0175”

BaB: Bond-a-Braid

NiTi: Dead wire Nickel Titanium

FSW: Flexible Spiral Wire

A Ölçümü: Lineer Ölçüm A

B Ölçümü: Lineer Ölçüm B

C Ölçümü: Lineer Ölçüm C

TORQ: Açısal Ölçüm TORK

Fd: Açısal Ölçüm Fd

Fp: Açısal Ölçüm Fp

BÖLÜM I

1. Giriş

Aktif ortodontik tedavinin bitimini takiben, tedavi sonuçlarının korunup nüksün önlenmesi amacı ile tedavinin pekiştirilmesi yapılmalıdır. Sabit pekiştirme, genellikle anterior dişlerin lingualine çeşitli tellerin yapıştırılmasıyla uygulanır. Bu, hekimler tarafından sıkça tercih edilen bir pekiştirme protokolüdür. Ayrıca, sadece hareketli pekiştirme apareyleri veya sabit ve hareketli pekiştirme apareylerinin kombine şekilde uygulandığı alternatifler de hekimler tarafından tercih edilebilmektedir (Krämer, Sjöström, Hallman, & Feldmann, 2019) (Littlewood, Kandasamy, & Huang, 2017).

Hareketli pekiştirme apareylerinin uzun dönem kullanımlarının hasta kooperasyonu gerektirmesi sebebiyle hastalar tarafından daha az tercih edildiği bilinmektedir (Krämer, Sjöström, Hallman, & Feldmann, 2019). Ayrıca aktif ortodontik tedavinin tamamlanmasından sonra birçok hekim uzun dönem pekiştirme uygulanmasını gerekli görmeye başlamıştır. Bu nedenle sabit pekiştirme amacıyla tellerin anterior dişlerin lingualine adhesivlerle tatbik edilmesi sıklıkla tercih edilen bir pekiştirme protokolü haline gelmiştir. Nitekim bu uygulamalara rağmen sabit pekiştirme apareylerinde meydana gelen çeşitli başarısızlıklar sebebiyle dişlerde nüks görüldüğü literatürde sıkça bahsedilmiştir (Renkema, Renkema, Bronkhorst, & Katsaros, 2011). Uygulanan sabit retainerlar ağız içerisinde yüksek kuvvetlere maruz kalabilirler. Literatürde bu tellerin uygulandığı anterior bölge dişlerinde maksimum gönüllü ısırma kuvvetinin (maximum voluntary bite force) 100 Newton'u geçebildiği belirtilmiştir (Regalo ve diğerleri, 2008) (Roussarie, F.; Douady, G., 2018) (Varga, ve diğerleri, 2011). Bu nedenle, çiğneme sistemini oluşturan kasların çiğneme fonksiyonu esnasında yarattığı kuvvetlerin pekiştirme apareylerinde başarısızlıklara yol açmasına şaşırılmamalıdır. Bahsedilen başarısızlıklar da, ortodontik tedavide nükslere yol açmaktadır. Bu şekildeki nüksler temel olarak yapıştırıcı kaynaklı veya telin iç faktörlerine bağlı olarak ikiye ayrılabilir. Diş yüzeyine adhesiv ile tatbik edilen pekiştirme telleri, sınırlarının üzerinde bir kuvvete maruz kaldıklarında, yapıştırıcının kırılması sonucu başarısızlık gösterebilirler. Bu tip sabit retainer başarısızlıkları literatürde karşımıza en sık çıkan başarısızlık tipidir (Littlewood, Millett, Doubleday, Bearn, & Worthington, 2016). Bunun dışında bazı durumlarda

yapıştırıcılarda gözle görülen bir hasar olmaksızın pekiştirme telleri kendi içlerinde kopabilirler. Telin kopan bölgesine de bağlı olarak nüks gözlemlenebilir. Son olarak retainer telleri kuvvet altında deforme olabilir. Yıllar içerisinde yapıştırıcılarda oluşan küçük kırılmalar, telin daha uzun segmentlerinin ağız içerisinde deformasyona açık hale gelmesine sebebiyet verebilir (Kučera & Marek, 2016). Hastalar tellerinde ve yapıştırıcılarında tam bir kopma olmaması sebebiyle durumu algılayamayabilir, ancak bu durum tedavi stabilitesinin bozulması açısından oldukça tehlikelidir (Patcas & Pedroli, 2012). Deformasyon gösteren retainer telleri, aynı aktif ortodontik tedavide kullanılan ark tellerinin etkisine benzer şekilde dişle aktif bir kuvvet uygulayabilmektedir (Sifakakis, ve diğerleri, 2011). Literatürde retainer tellerinin dişlere uyguladığı aktif kuvvet sonucu rotasyona uğrayan, tork alıp kök ucunun bukkal kemiği perfore etmesi sonucu devitalize olan dişler olmakla birlikte segmental hareketler sonucu açık kapanışa giden vakalardan da bahsedilmiştir (Shaughnessy, Proffit, & Samara, 2016). Bu durumun tellerin yapısal özelliklerinden kaynaklı olarak meydana geldiği düşünülmektedir (Kučera & Marek, 2016). Biz de çalışmamızı bu tip durumların sebeplerini in vitro olarak ortaya koymak amacıyla yaptık.

BÖLÜM II

2. Genel Bilgiler

2.1. Pekiştirme ve Nüks'ün Tanımı

Başarıyla sonlandırılmış bir aktif ortodontik tedavinin gerçek anlamda başarılı sayılabilmesi için, dişlerin aktif ortodontik tedavi sonundaki konumlarının korunması gerekmektedir. Çevre dokuların dişlerin yeni pozisyonuna adapte olması bazen aylar sürebilir. Bu çevre dokular dişleri ilk pozisyonlarına dönmeye zorlayabilirler. Bu durum “nüks” olarak adlandırılmaktadır (Littlewood, Millett, Doubleday, Bearn, & Worthington, 2016). Ancak dişler her zaman tedavi öncesindeki pozisyonlarına doğru hareket etmemektedirler. Bazı durumlarda fizyolojik ve fonksiyonel sebepler ile tedavi sonrasında ulaşılan pozisyonlarından uzaklaşabilirler. Literatürde bu tip durumlarda, ortodontik tedavi sonrası dişlerin ideal pozisyonlarından uzaklaşmasını da “nüks” olarak adlandıran araştırmacılar mevcuttur (Littlewood, Kandasamy, & Huang, 2017). Gerçekleşen bu istenmeyen hareketlerin önlenmesi adına hekimler dişleri tedavi sonrasında ideal konumlarında tutmaya yarayan çeşitli yöntemler ve apareyler kullanmaktadırlar. Bu tarz apareyler ile yapılan tedaviye “pekiştirme tedavisi” adı verilmektedir (Krämer, Sjöström, Hallman, & Feldmann, 2019).

2.2. Pekiştirme Tedavisinin Gerekliliği ve Kapsamı

Dişler normal şartlarda ağız içerisinde bir denge konumundadırlar. Bu denge, çevre anatomik oluşumların veya bireyin alışkanlıklarının değişimi ile veya fizyolojik sebepler ile, doğal bir biçimde bozulabilmektedir. Bu olaylar sonucunda da diş hareketlerinin bir ömür boyu devam ettiğini ifade etmek mümkündür. Aktif ortodontik tedavi bitiminde, en azından hareket ettirilen dişler, mevcut pozisyonlarında çevre dokular yeni bir dengeye ulaşana kadar, dişleri olduğu pozisyonda sabit tutmak gereklidir. Bu durum, bazı ortodontik tedavilerin ardından ömür boyu gerekebilmektedir (Littlewood, Kandasamy, & Huang, 2017). Ortodontik tedavi ihtiyacı bulunmayan bireylerde dahi, geç dönemlerde anterior bölgede çapraşıklıklarla karşılaşılabilirdiği bilinmektedir (Saito, Tanoi, Motegi, & Sueishi, 2019). Littlewood ve ark. geç dönemde oluştuğu gözlemlenen, alt keser

çapraşıklığının önüne geçmek adına, yaşam boyu pekiştirme uygulamasını bir alternatif olarak önermektedirler (Littlewood, Kandasamy, & Huang, 2017). Bu durum göz önüne alındığında, pekiştirme tedavisinde kullanılan apareylerin seçiminin ne kadar önemli olduğu tekrar göz önüne serilmektedir.

2.3. Pekiştirme Apareyleri

Pekiştirme apareyleri, pekiştirme ihtiyacının süresine ve dişlerde öngörülen nüksün tipine göre farklı şekillerde tasarlanabilmektedir. Her apareyin kendine göre avantajları, dezavantajları ve bunlara bağlı olarak farklı kullanım endikasyonları mevcuttur (Littlewood, Kandasamy, & Huang, 2017).

2.3.1. Hareketli Pekiştirme Apareyleri

Hareketli pekiştirme apareylerinin kullanımı tamamen hastaya bağlı olduğundan, hasta kooperasyonu gereksinimi vardır. Bu tip apareylerin en temel dezavantajı budur. Ayrıca, literatürde bu tarz apareylerin sıkça kaybolması da bir problem olarak bildirilmektedir. En büyük avantajları ise, ağız içerisindeki dokulara sabitlenmediklerinden, yiyecek artıkları için bir retansiyon alanı oluşturmamalarıdır. Böylelikle, uzun dönemde apareylere bağlı olarak artan gingival hiperplazi ve dental karies gibi problemler görülmemektedir (Heier, De Smit, Wijgaerts, & Adriaens, 1997).

2.3.2. Sabit Pekiştirme Apareyleri

Sabit pekiştirme apareyleri, adından da anlaşılacağı gibi hasta kooperasyonu gerektirmeksizin, sürekli olarak ağızda kalan apareylerdir. Genellikle bir telin, dişlerin lingual yüzeylerine yapıştırılması şeklinde tatbik edilir. Günümüzde bu teller çok farklı materyallerden oluşabilmektedir ve bu materyallerin dişe sabitlenmesinde farklı yapıştırma malzemeleri kullanılabilmektedir (Littlewood, Millett, Doubleday, Bearn, & Worthington, 2016).

2.3.2.1. Yapıştırılma Noktalarına Göre Sabit Pekiştirme Apareyleri

Pekiştirme apareyleri, genellikle interkanin bölgeye uygulanmaktadır. İnterkanin mesafenin korunmasını sağlamak temel amaçlarından birisidir. Bu nedenle, bazı

klinisyenler sadece kanin dişlerde sabitlenen ve keser dişlerin lingualinden pasif bir şekilde geçen çeşitli apareyler de geliştirmişlerdir. Bu apareylerde kullanılan telin rijit bir yapıda olması tercih edilmektedir. Bunun dışında, uygulandığı bölgedeki tüm dişlere tek tek yapıştırılan tipte pekiştirme apareyleri de mevcuttur. Bu apareyler, dişlerin fizyolojik hareketlerine minör derecede izin verebilmeleri amacıyla, rijiditesi daha düşük materyaller kullanılarak hazırlanmaktadırlar (Schütz-Fransson, Lindsten, Bjerklin, & Bondemark, 2017).

2.3.2.2. Sabit Pekiştirme Apareylerinde Kullanılan Materyaller

Sabit pekiştirme apareylerinde materyal olarak genellikle teller tercih edilmektedir. Bu teller, bazı durumlarda birden fazla telin üst üste sarılması ile de elde edilebilirler. Kullanılan teller farklı kesitlerde ve esnekliklerde olabilmektedir. Kullanılan materyalin tipi ve imalat şekli bunu belirlemektedir (Zachrisson, 2015).

2.3.2.2.1. Dead-Soft Teller

Günümüzde sıkça kullanılan, elastik deformasyon kabiliyeti çok düşük, kuvvet karşısında hızlı bir şekilde plastik deformasyona uğrayan, bu sayede de rahatlıkla diş yüzeyine adapte edilebilen bir malzeme türüdür (Shaughnessy, Proffit, & Samara, 2016).

2.3.2.2.2 Flexible Wire Retainer Telleri

Bu tellerin elastik deformasyon kabiliyetleri yüksektir. Sabit pekiştirme apareyleri rutin klinik kullanıma girdiğinde, flexible wire retainer teller literatürde sıkça karşımıza çıkmaktaydı. Hala klinik pratikte sıklıkla kullanılmaktadırlar (Parshan, Ravindra, & Jain, 2014). Diş yüzeyine adapte edilmeleri için bir laboratuvar aşamasından geçmeleri şarttır (Zachrisson, 1991).

2.3.2.3. Sabit Pekiştirme Apareylerinde Yaşanan Başarısızlıklar

Sabit pekiştirme apareyleri klinik olarak yüksek hassasiyetle uygulanması gereken apareylerdir. Doğru bir şekilde uygulama yapılmadığında, yapıştırıldıkları yüzeyden kolayca ayrılabilirler. Ayrıca, bu apareylerin ağız içerisinde pasif olarak konumlanması istenir. Aktif şekilde yerleştirilmiş bir pekiştirme apareyi, dişlere

istenmeyen kuvvetler uygulayıp, dişlerin hareketine sebebiyet verebilir (Kučera & Marek, 2016). Sabit apareyler hastanın çiğneme fonksiyonu esnasında ağız içerisinde çeşitli kuvvetlere maruz kalmaktadır. Buna bağlı olarak çeşitli problemler karşımıza çıkmaktadır. Bu sorunları iki başlık altında sıralamak mümkündür.

2.3.2.3.1. Yapıştırma İle İlgili Problemler

Sabit pekiştirme apareylerinde kullanılan teller ile diş yüzeyleri arasında yapışmayı sağlayan bir malzeme mevcuttur. Bir kuvvet etkisi sonucu bu malzeme diş yüzeyinden, tel üzerinden ayrılabilir veya kendi içinde kırılabilir. Bunun sonucunda da, ilgili bölgedeki diş hareket edebilir ve nüks gözlemlenebilir (Zachrisson, 1991).

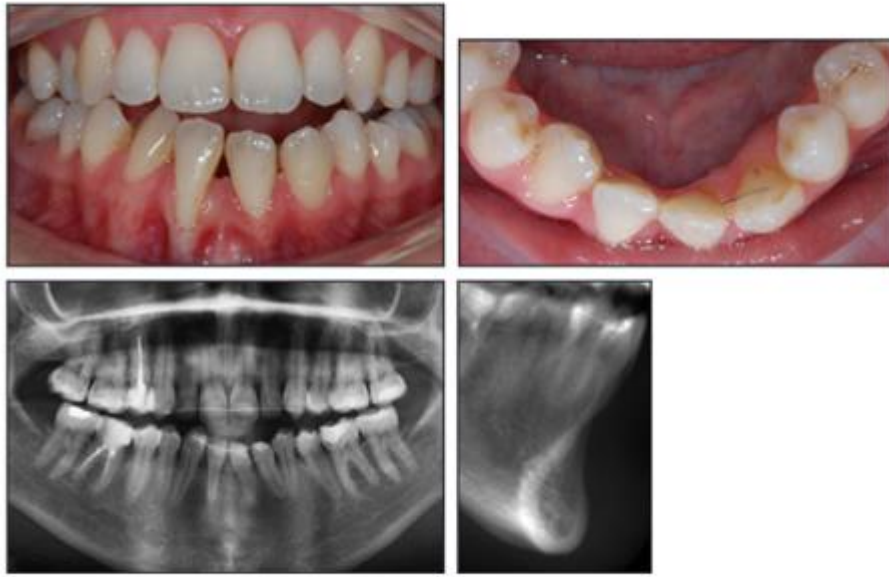
2.3.2.3.2. Telin Yapısal problemleri

Sabit pekiştirme apareylerinde kullanılan teller, belirli bir kuvvetin üzerine çıkıldığında deforme olabilir, hatta kırılabilirler. Meydana gelen deformasyon, aynı aktif ortodontik tedavide olduğu gibi, dişlere kuvvet uygulanmasına sebep olabilir. Sonuçta beklenmedik diş hareketleri gözlemlenebilir (Patcas & Pedroli, 2012).

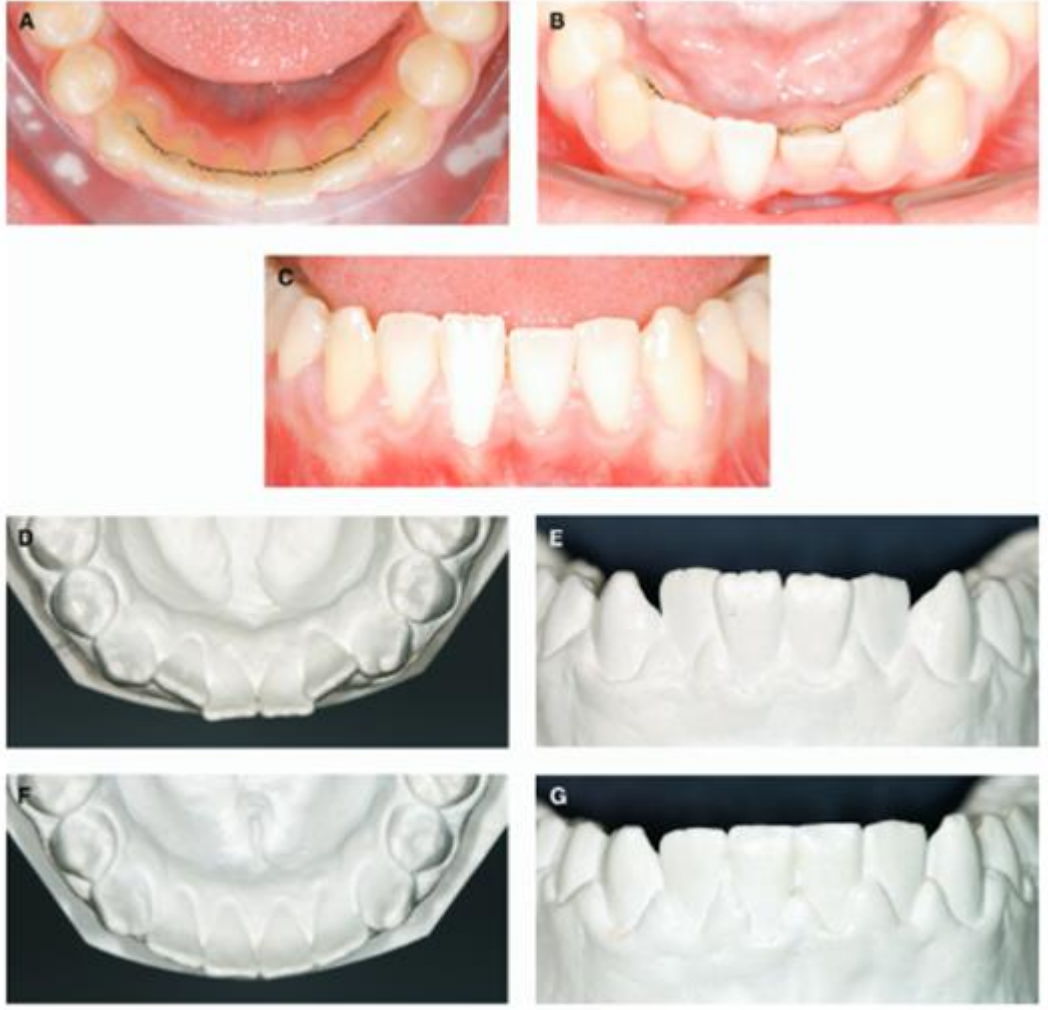
Bu beklenmedik diş hareketleri literatürde, flexible spiral wire (FSW) retainer tipinde tel kullanılan hastalarda %2,7 ile %5 arasında bildirilmiştir (Renkema, Renkema, Bronkhorst, & Katsaros, 2011) (Katsaros, Livas, & Renkema, 2007). Günümüzde, uzun dönem uygulanan pekiştirme ihtiyacı da göz önüne alındığında, bu sıklıkta bu tip komplikasyonların gerçekleşmesi kabul edilebilir değildir. Raussarie ve diğerleri bu tip beklenmedik komplikasyonları literatürde “tel sendromu” (wire syndrome) olarak bildirmiştir (Resim 6) (Roussarie & Douady, 2016).



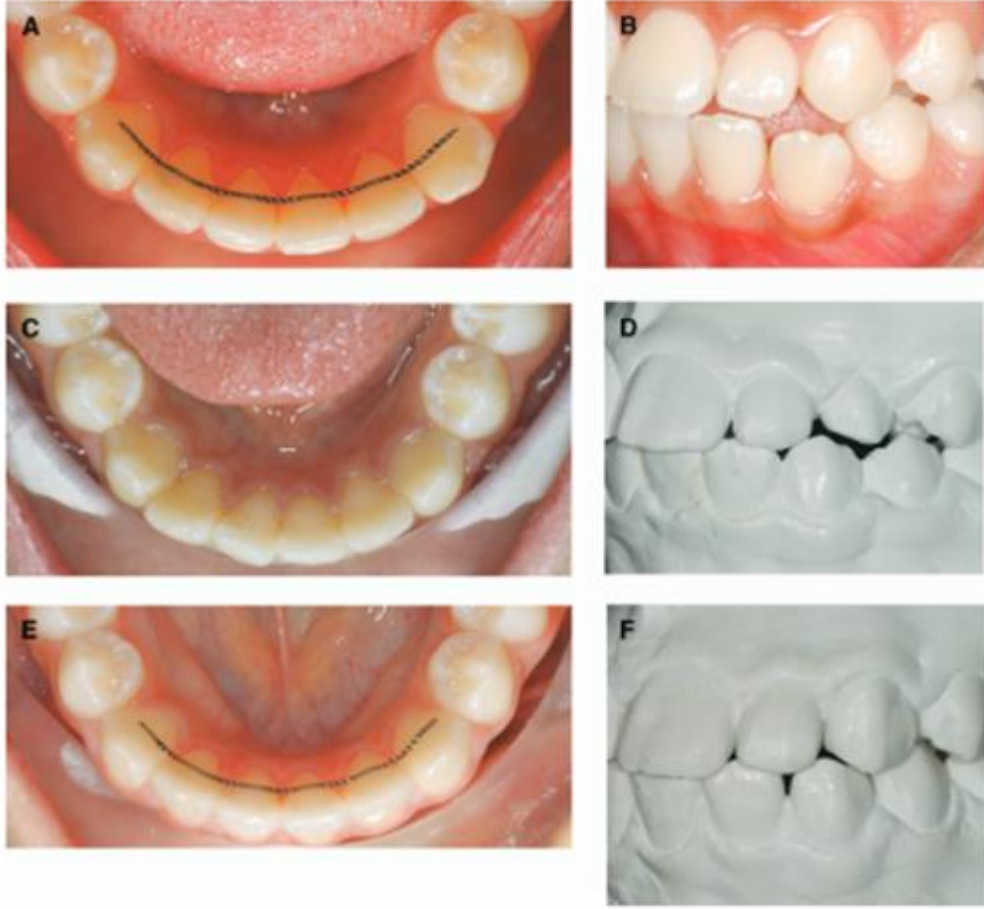
Resim 1: Flexible spiral wire retainer kullanılan bir örnek vaka, 43 nolu diş aldığı aşırı bukkal kök torku nedeniyle vestibul kemiği perfore etmiş, diş devitalize olmuştur (Pazera, Fudalej, & Katsaros, 2012).



Resim 2: 0.0155 Three Stranded Twisted (FSW) tel kullanılan bir örnek vaka, alt anterior bölgenin sağ segmenti lingual kron torku almışken, sol segment bukkal kron torku almıştır (Kučera & Marek, 2016).



Resim 3: Flexible spiral wire retainer kullanılan, x-effect durumunun gözlemlendiği bir örnek vaka (Katsaros, Livas, & Renkema, 2007).



Resim 4: 0.0195 Twist flex (FSW) kullanılan bir örnek vaka, hastanın başlangıç kayıtlarında gözlemlenmeyen şekilde, 33 nolu dişin bukkal kron torku aldığı dikkat çekmektedir (Katsaros, Livas, & Renkema, 2007).



Resim 5: Flexible spiral wire retainer kullanılan bir örnek vaka, alt keserler arasında diastemaların oluştuğu dikkat çekmektedir (Kučera & Marek, 2016).



Resim 6: Tel sendromu (wire syndrome) olarak literatürde bahsedilmiş duruma örnek bir örnek vaka (Roussarie & Douady, 2018).



Resim 7: FSW kullanılan bir örnek vaka, 13 nolu kanin dişin bukkale devrildiği gözlenmektedir (Roussarie & Douady, 2018)

2.4. Üç Boyutlu Görüntüleme Teknikleri

Gelişen teknoloji sayesinde, artık objelerin dijital kopyalarını üç boyutlu olarak saklayabilmekte ve üzerlerinde hassas ölçümler yapabilmekteyiz. Diş hekimliğinde, hem alınan alçı modeller taranabilmekte, hem de direkt ağız içi bölgesi taranıp, elde edilen üç boyutlu görüntü üzerinde çalışılması mümkün olabilmektedir. Bu görüntüler üzerinde çalışmak için tarama cihazlarının kendi programlarından veya piyasada bulunan özel programlardan yararlanmak mümkündür (Kihara, ve diğerleri, 2019).

2.4.1. Masaüstü Tarayıcılar

Masaüstü tarayıcılar hastadan alınan ölçünün ya da elde edilen alçı modelin taranması ile üç boyutlu görüntü elde etmektedirler. Bu tarayıcılar, endüstriyel tiplerde veya dental kullanım için özelleşmiş olabilirler. En temel dezavantajları hastadan ölçü alınması ihtiyacının önüne geçilmemiş olmasıdır. Bunun dışında piyasadaki birçok tarayıcı yüksek hassasiyet ile üç boyutlu görüntü sağlayabilmektedir (Nowak, Wesemann, Robben, Muallah, & Bumann, 2017).

2.4.2. Ağız İçi Tarayıcılar

Ağız içi tarama cihazları herhangi bir ölçü alma işlemine gerek kalmaksızın, hastanın dental arklarının ve çevre dokularının üç boyutlu görüntüsünü elde etmek amacıyla

kullanılmaktadır. Piyasadaki tarayıcıların doğrulukları ve isabetlilikleri ile ilgili yapılmış çalışmalar literatürde mevcuttur (Sun, Lee, Choo, Hwang, & Lee, 2018).

2.5. Üniversal Test Cihazı

Literatürde birçok in vitro çalışmada, dental malzemelerin özelliklerinin ortaya konulmasında üniversal test cihazları kullanılmaktadır. Bu cihazlar çok yüksek hassasiyet ile ölçüm yapabilme kabiliyetine sahiptir (Zarif Najafi & Gavareshki, 2019). Ortodontik malzemelerin ölçümlerinde ISO 15841 standartlarına göre ölçüm yapılmaktadır (Lombardo, Carlucci, Palone, Mollica, & Siciliani, 2016).

2.6. ısıırma Kuvvetinin Değerlendirilmesi

ısıırma kuvveti yaşa, cinsiyete, çiğneme kaslarının yapısına ve yüz iskeletinin tipine göre değişim göstermektedir. Ayrıca, kesici dişler bölgesinden molar dişler bölgesine doğru gidildikçe ısıırma kuvveti artış göstermektedir. (Kiliaridis, Johansson, Haraldson, Omar, & Carlsson, 1995) Literatürde insanların ısıırma kuvveti değerlendirilirken maksimum gönüllü ısıırma kuvveti (maksimum voluntary bite force) terimi kullanılmaktadır. Çünkü, çalışmalarda genellikle hastalara maksimum ısıırma kuvvetlerini göstermelerini söyleyerek bir aygıtın sensörünü ısıırtma şeklinde bir uygulama yapılmaktadır (Varga ve diğerleri, 2011). Literatürdeki çalışmalarda keserler bölgesindeki maksimum gönüllü ısıırma kuvvetinin 100 Newton'u aşabildiği bildirilmiştir (Regalo ve diğerleri, 2008; Roussarie & Douady, 2018) .

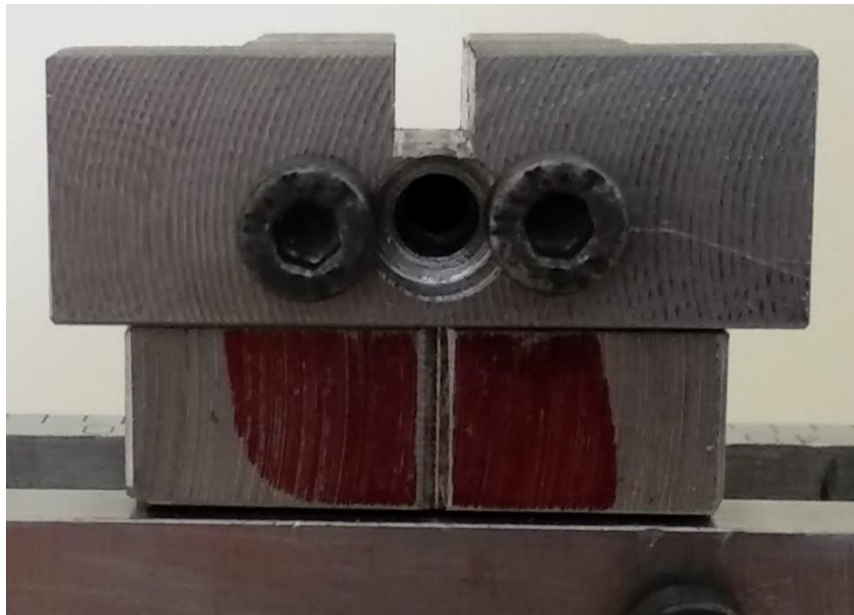
BÖLÜM III

3. Gereç ve Yöntem

Çalışmamızda, ağız içindeki mesafeleri simüle etmek amacıyla özel bir düzeneği geliştirilmiştir. Bu düzeneği tasarlarken temel amacımız, genellikle ağız içerisinde olduğu gibi pekiştirme telinin 4 mm'sinin açık kalması ve bu 4 mm'lik kısmın merkezine Universal test cihazı (Shimadzu Autograph AGS-J, Kyoto, Japonya) ile 100 Newton'luk bir kuvvet uygulanarak telin deforme edilmesi idi. Meydana gelen deformasyonun miktarının saptanması için telin deformasyon öncesi ve sonrası yapılan üç boyutlu taramaları karşılaştırıldı ve örnekler üzerlerinde ölçümler yapıldı.

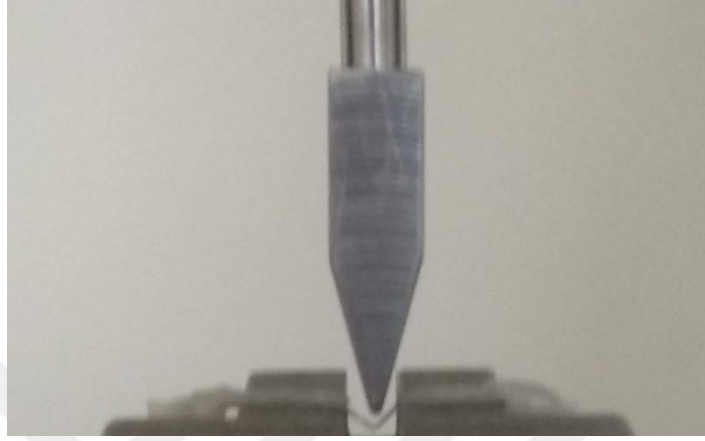
3.1. Düzeneğin Geliştirilmesi

Ağız içine uygulanan sabit retainer tellerinin, iki diş arasında üzerinde herhangi bir yapıştırma malzemesi olmayan kısmının ortalama 4 mm olduğu literatürde bildirilmektedir (Sifakakis, Eliades, & Bourauel, 2015). Biz de çalışmamızda örneklerin 4 mm'lik bir kısmını açıkta bırakacak şekilde bir düzeneği oluşturduk. Bu düzeneği çalışmamızda kullandığımız universal test cihazına uyumlu olacak şekilde, 1050 imalat çeliğinden (CK45) üretildi. Düzeneği özel anahtarı ile örnekleri deforme etmeden tutup bırakabilecek şekilde geliştirildi.



Resim 8: Universal test cihazına uyumlu şekilde geliştirilen deformasyon düzeneği

Diğer taraftan bu düzeneğe uygun, ucu keskin olmayan bir bıçak imal edildi. Bıçak instron cihazına kolayca bağlanabilmekte ve örnekteki telin açık kalan kısmının tam ortasına denk gelecek şekilde konumlandırılmaktadır.



Resim 9: Üniversal test cihazına uyumlu deformasyon bıçağı

3.2. Örneklerin Oluşturulması

Çalışmamızda 3 farklı pekiştirme teli kullanılmıştır. Bond-a-Braid (BaB) (Reliance Orthodontic Products, Itasca, ABD) dead soft pekiştirme teli olarak seçilmiştir. Bu tel 8 adet paslanmaz çelik telin üst üste sarılmasıyla üretilmiş, 0,02645 inç x 0,01055 inç boyutlarında bir teldir. Çok küçük kuvvetlerle bile plastik deformasyona uğrayabilmektedir. Bu yapısal özellikleri sayesinde diş yüzeyine kolaylıkla adapte edilebilmektedir.



Resim 10: Bond – a – Braid retainer teli

Bir başka dead soft pekiştirme teli olarak, dead – soft Nitinol pekiştirme teli NiTi Retainer wire (NiTi) (Beijing Smart Technology, Beijing, China) seçilmiştir. Bu tel 0,014 inç x 0,025 inç boyutlarındadır. Dışı kumlama ile fabrikasyon olarak pürüzlendirilmiştir. Ayrıca, normal bir Nitinol telden farklı olarak dead soft özellik

gösterecek şekilde üretilmiştir. Bu tel de ağız içerisinde dişlere adapte edilebilmektedir.



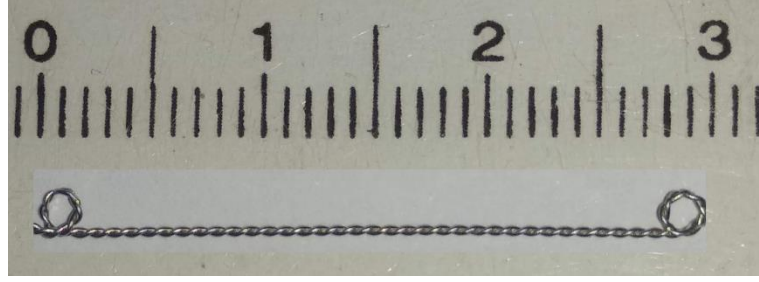
Resim 11: NiTi retainer teli

Flexible spiral wire (FSW) retainer tellerinden Twist Flex 0.0175” (TF) (Twist – three strand .0175) (American Orthodontics, Sheboygan, ABD) teli seçilmiştir. Bu tel 3 adet çelik telin üst üste sarılması ile üretilmektedir ve 0,0175 inç çapındadır. Bu telin elastik deformasyon kabiliyeti yüksektir. Ark formu haline getirilmiş halleri seviyeleme aşamasında kullanılmaktadır. Kolay kolay plastik deformasyona uğramazlar. Bu nedenle de pekiştirme teli olarak kullanımlarında laboratuvar aşamasından geçmeleri şarttır ve indirekt tekniklerle uygulanmaktadırlar (Roussarie & Douady, 2018).



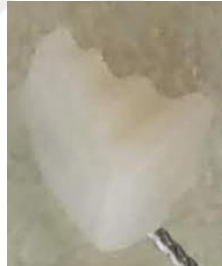
Resim 12: Twist flex 0,0175” retainer teli

Biz çalışmamızda, bu üç telden her grupta 10 adet örnek olacak şekilde, üç grup ve toplamda 30 örnek oluşturduk. Tellerin uç kısımlarındaki kompozit bloklar içerisinde kaymasını engelleyip, telin yapısal özelliğini ortaya koyabilmek adına örnekler uç kısımlarında tam yuvarlak retansiyon bükümleri olacak şekilde 30 mm boyunda hazırlandı.



Resim 13: Retansiyon bükümleri dahil olmak üzere 30 mm boyunda hazırlanmış retainer teli

Köşeli bir kesite sahip olan Bond-a-Braid ve dead – soft NiTi pekiştirme telinin geniş kesiti üzerinde de bu bükümler gerçekleştirildi. Tarama cihazında rahat görüntülenebilmesi adına, iki kanin diş bölgesini temsil eden iki adet kompozit obje hazırlandı. Bu objeler, 5 mm Bite Turbo Mini – Mold (Ortho Arch, Illinois, ABD) ile tellerin uç kısımlarında oluşturuldu. Objelerden birisinin üst yüzünün yüzey alanı frez ile şekillendirilerek arttırıldı, bu sayede çakıştırma hassasiyetinin arttırılabileceği düşünüldü.

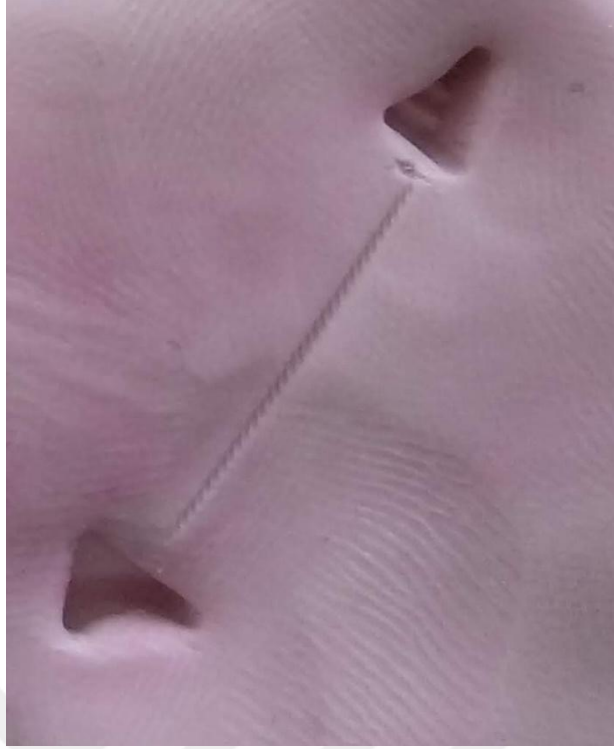


Resim 14: Frez ile şekillendirilmiş, ölçümler için lokal çakıştırmaların yapıldığı obje



Resim 15: Üzerinde ölçümler için rehber noktalarının saptandığı obje

Oluşturulan objeler silikon ölçü maddesi (Zetaplus, Zhermack, İtalya) içerisine, iki uç arasındaki mesafe 32 mm olacak şekilde yerleştirildi. Bu sayede silikon ölçü maddesinden bir kalıp elde edilmiş oldu.



Resim 16: Silikon ölçü maddesinden elde edilmiş kalıp

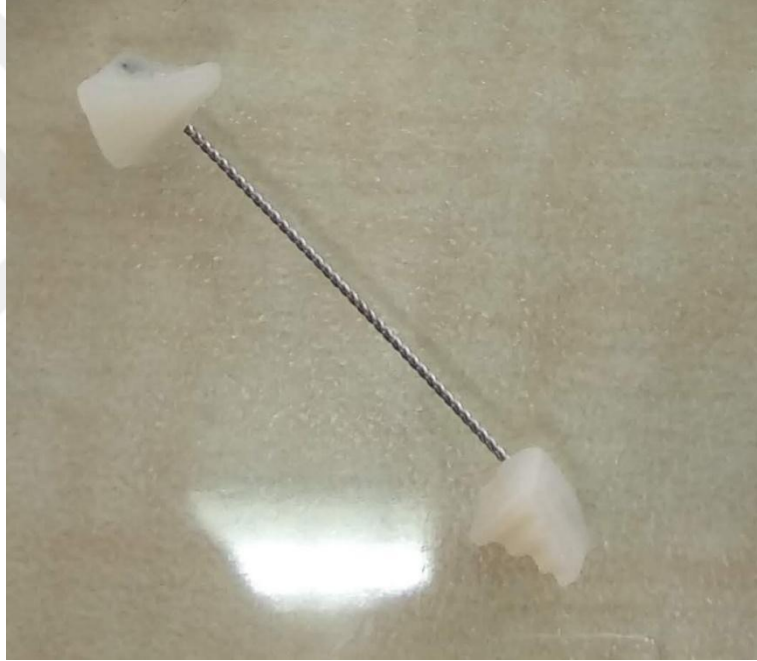
Uç kısımlarında retansiyon bükümleri bulunan tel, kalıba yerleştirildi ve kalıpta bulunan kompozit obje kısımları akışkan kompozit (Nexcomp Flow, META BIOMED, Kore) ile doldurulup, 40'ar saniyede ışınli bir dolgu cihazı yardımıyla (Elipar™ Deep Cure, 3M ESPE) ile polimerize edildi. Bu işlem tüm örnekler için tek tek gerçekleştirildi.



Resim 17: Akışkan kompozit Nexcomp Flow, META BIOMED



Resim 18: Retansiyon bükümleri yapılmış telin silikon kalıp içerisine yerleştirilip, kompozit örneklerin oluşturulması



Resim 19: Silikon kalıptan çıkarılmış örnek

Örneklerin düzenek tarafından deforme edilmesinin engellenmesi için, düzeneğin örnekleri tutan kısmı bir kalıp gibi kullanılarak, bu kısımlara akışkan kompozit yerleştirilip, polimerize edilerek kompozit bloklar hazırlandı.



Resim 20: Kompozit blokların düzeneğe hazırlanması

Bunu takiben bu blokların düzeneğe yapışmadığı kontrol edilerek, retainer telleri bu bloklara akışkan kompozit ile sabitlendi ve polimerize edildi.



Resim 21: Hazırlanan ve düzeneğe yapışmadığı kontrol edilen kompozit bloklar

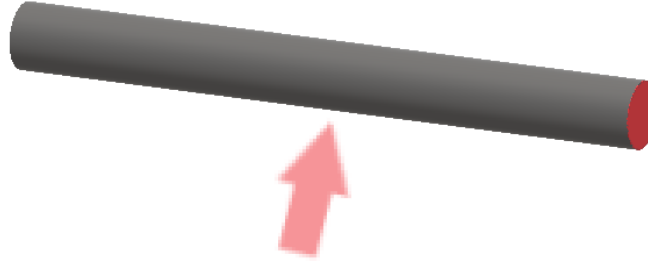


Resim 22: Örneğin bloklara pasif şekilde akışkan kompozit ile yapıştırılması

Yapılan işlemler sayesinde örnekler düzeneğe yerleştirildiğinde örneklerde herhangi bir deformasyon olmaması sağlandı. Köşeli kesite sahip örnekler düzeneğe yerleştirildiğinde geniş olan kesitlerinin bıçak ile teması gerçekleşecek şekilde örnekler oluşturulmuş oldu.



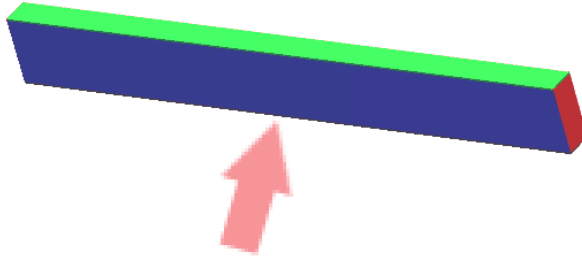
Resim 23: Köşeli telin geniş kesitine temas eden bıçağın uyguladığı kuvvet



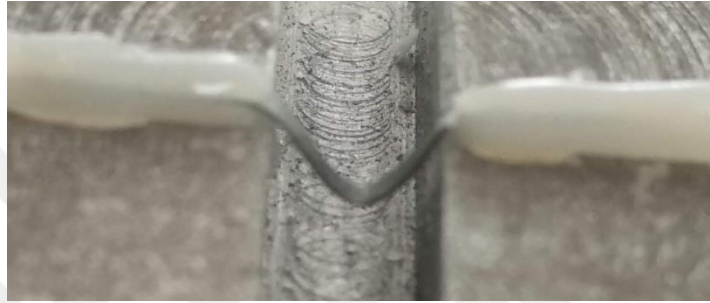
Resim 24: Yuvarlak kesitli tele gelen kuvvetin şematik görüntüsü



Resim 25: Deforme olmuş yuvarlak kesitli telin şematik görüntüsü



Resim 26: Geniş kesitine kuvvet gelen köşeli kesitli telin görüntüsü.



Resim 27: Geniş kesiti bıçak yüzeyine temas etmiş olan NiTi retainer teli

3.3. Örneklerin Taranması

Oluşturulan örneklerin üzerinde üç boyutlu hassas ölçümler yapılabilmesi amacıyla, örneklerin dijital tarayıcılar ile taranmasına karar verildi. Dijital tarayıcı olarak Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalında yer alan, ağız içi tarayıcı TRIOS 3 (3Shape, Kopenhag, Danimarka) kullanıldı.



Resim 28: Ağız içi tarayıcı, 3Shape TRIOS 3

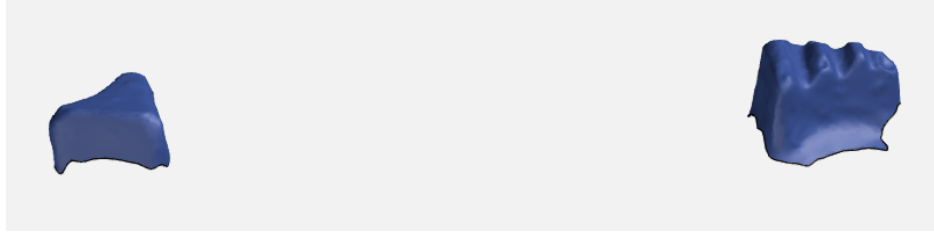
Bu tarayıcı normal şartlarda ağız içinin direkt veya dental modellerin taranması için tasarlandığından, bizim oluşturduğumuz örnekler de bir üst çene modelinin üzerine silikon ölçü maddesi (Zetaplus, Zhermack, İtalya) yardımıyla, ölçü maddesinin sadece putty kısmı ile bir ucundan tutturularak yerleştirildi.



Resim 29: Model üzerinde taranmakta olan örnek

Bu sayede örneklerin yüksek doğruluk ile taranması sağlandı. Taramada örneklerin kompozit olan kısımları yüksek doğruluk ile taranabilirken, retainer telinin olduğu

kısımların net bir şekilde gözlenmemesi sebebiyle, taramadan kompozit objeler dışındaki tüm kısımlar çıkarıldı.



Resim 30: Taranmış örneğin .stl formatındaki görüntüsü

Her örnek kendi içerisinde tarandı, üç boyutlu görüntüsü elde edildi ve bu görüntü “.stl” formatında kaydedildi.

3.4. Örneklerin Universal Test Cihazında Deforme Edilmesi

Oluşturulan örnekler taranarak, dikkatlice düzeneğe yerleştirilip, universal test cihazı (Autograph AGS-J, SHIMADZU, Japonya) ile deforme edildi. Kuvvet örneklerle, üzerinde ölçümlerin yapıldığı objeden 10 mm’lik bir mesafede uygulanacak şekilde, deformasyon bıçağı düzeneğin 4 mm’lik boşluğunun tam ortasına denk gelecek şekilde uygulanmıştır.



Resim 31: Universal test cihazı, AGS-J SHIMADZU

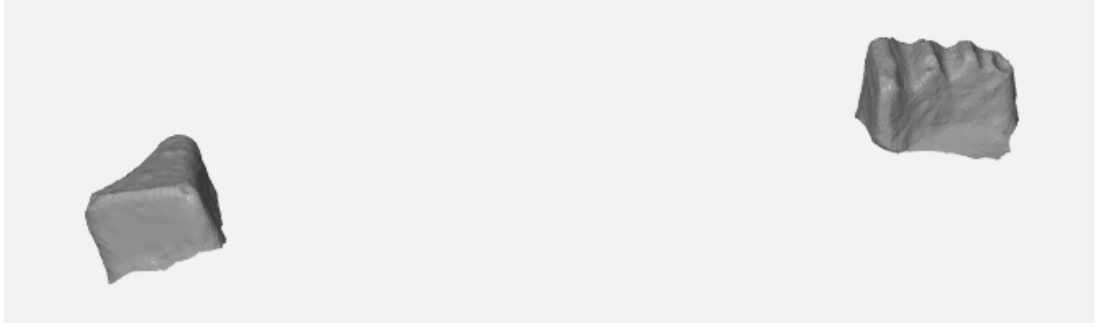
Deformasyon için, dakikada 0,5 mm hareket eden bıçak, kuvvet 100 Newton'a ulaşana kadar örneği deforme etmeye devam etmiştir. Her örneğin deformasyonu sırasında, cihaz birim kuvvete bağlı olarak telde meydana gelen defleksiyonu ve esnemeyi bir grafik halinde cihaz tarafından kayıt edilmiştir. Örnek deforme edildikten sonra tekrar dikkatlice düzeneden alınmıştır ve tüm örnekler eşit şartlarda bu şekilde deforme edilmişlerdir.



Resim 32: Universal test cihazında, geliştirilen düzener üzerinde deforme olmakta olan bir örnek

3.5. Örneklerin Kuvvet Uygulaması Sonrası Tekrar Taranması

Düzenede deforme edilen örnekler, tekrar ilk taramaların yapıldığı ağız içi tarayıcı ve ilk taramaların yapıldığı yöntem ile birer defa daha taranmıştır. Elde edilen görüntüler “.stl” formatında kaydedilmiştir.



Resim 33: Deforme edilmiş örneğin tarama görüntüsü

3.6. Kuvvet Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Yapılan Taramaların

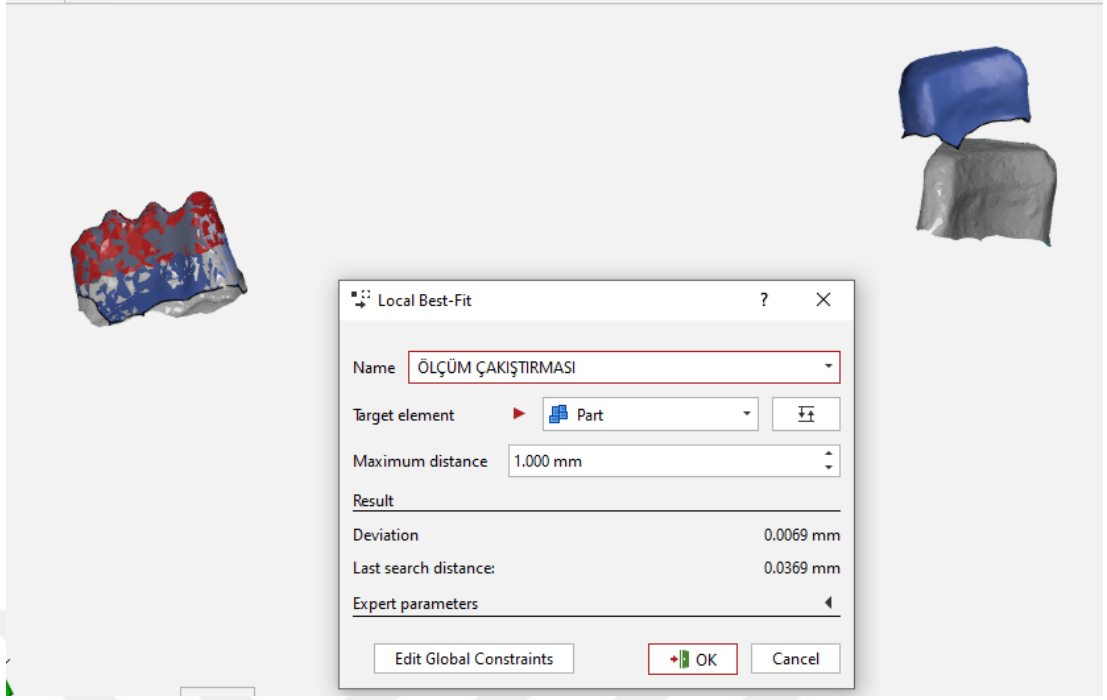
Çakıştırılması

Çalışmamızda her örneğin ölçümü kendi içinde ilk ve son taraması çakıştırılarak yapılmıştır.

Twistflex 9				
Ara: Twistflex 9				
	Ad	Değiştirme tarihi	Tür	Boyut
	deformasyon öncesi 1. tarama	24.01.2020 04:19	3D Object	301 KB
	deformasyon öncesi 2. tarama	24.01.2020 04:19	3D Object	342 KB
	deformasyon sonrası tarama	27.02.2020 03:41	3D Object	398 KB

Resim 34: Twist Flex 9 kodlu örneğin dosyası ve içerisinde bulunan “.stl” formatındaki üç boyutlu görüntüler

Kaydedilen “.stl” formatındaki üç boyutlu görüntüler GOM Inspect (GOM Software 2019) programında açılmış ve çakıştırma için hazırlanmış olan objenin üzerinde yaklaşık 2 mm yüksekliğinde bir alan belirlenerek, “local best-fit” yöntemiyle lokal çakıştırma gerçekleştirilmiştir (Resim 35).

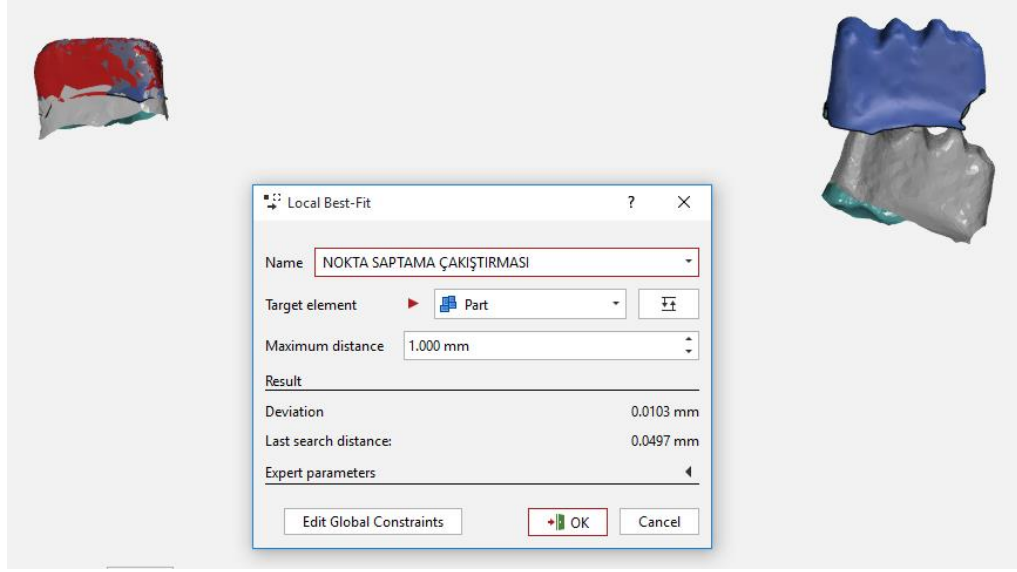


Resim 35: Ölçümlerin yapılacağı çakıştırmanın gerçekleştirilmesi (Ölçüm çakıştırması)



Resim 36: Ölçüm çakıştırması gerçekleştirilmiş taramalar

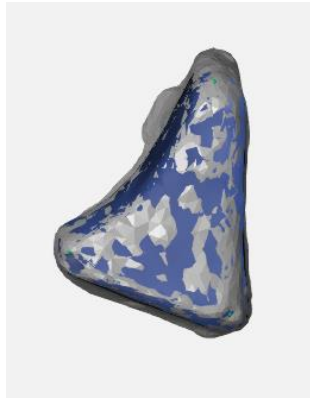
Ayrıca ölçümlerde kullanılacak nokta ve düzlemlerin kusursuz bir şekilde saptanması adına, ikinci obje üzerinde de yaklaşık 1 mm yüksekliğinde bir alan aynı şekilde lokal olarak çalıştırılmıştır (Resim 37). Bu sayede, çok düşük bir hata payı ile ölçüm noktaları ve düzlemler objelerin üzerinde oluşturulmuş oldu.



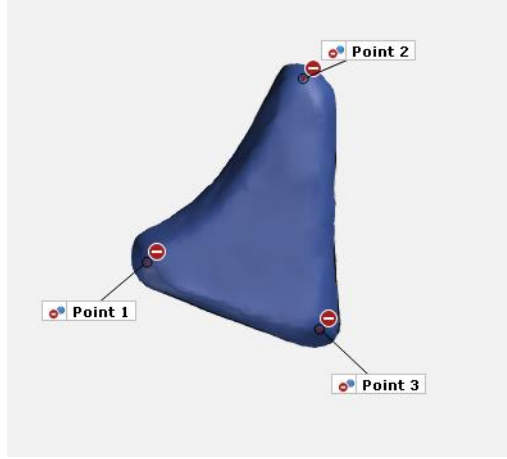
Resim 37: Ölçüm noktalarının saptanacağı lokal çakıştırmanın gerçekleştirilmesi

3.7. Taramalar Arasındaki Milimetrik ve Açısal Farkların Ölçümü

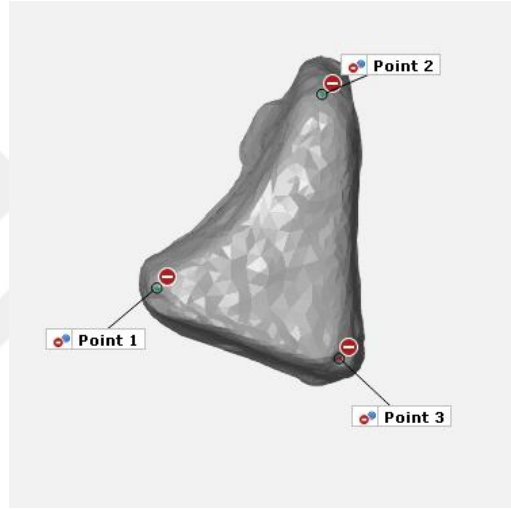
Çalışmamızda ölçümlerin yapılması için iki ayrı ölçüm şekli belirlendi. Birinci ölçüm tipi olan lineer ölçüm 1. ve 2. düzen hareketleri yansıtacak şekilde, lineer olarak iki nokta arasındaki uzaklığı ölçmek üzere yapıldı. Bu ölçümde 1. ve 2. düzende meydana gelen değişimler ayırt edilmeksizin, örneklerin bir ucundaki objenin üzerinde üç nokta saptanarak, o üç noktanın 1. ve 2. düzende yaptığı hareketin bileşkeleri ölçüldü. İkinci ölçüm tipi ise açısal olarak belirlendi. Açısal olarak üç değer ölçüldü. Bu ölçümlerin yapılması amacıyla, birinci ve ikinci taramada ölçümün yapıldığı objenin lokal çakıştırması gerçekleştirilip, objenin üç köşesinden birer nokta seçildi.



Resim 38: Ölçüm noktaların saptandığı lokal çakıştırma ve objenin görüntüsü

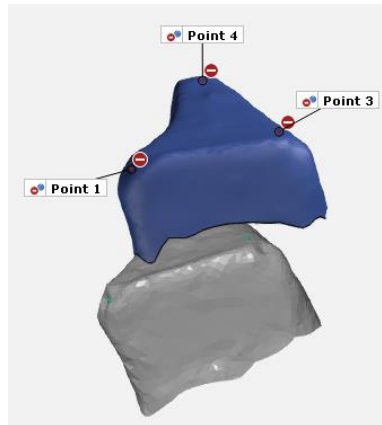


Resim 39: İlk taramanın üzerinde noktaların saptanması

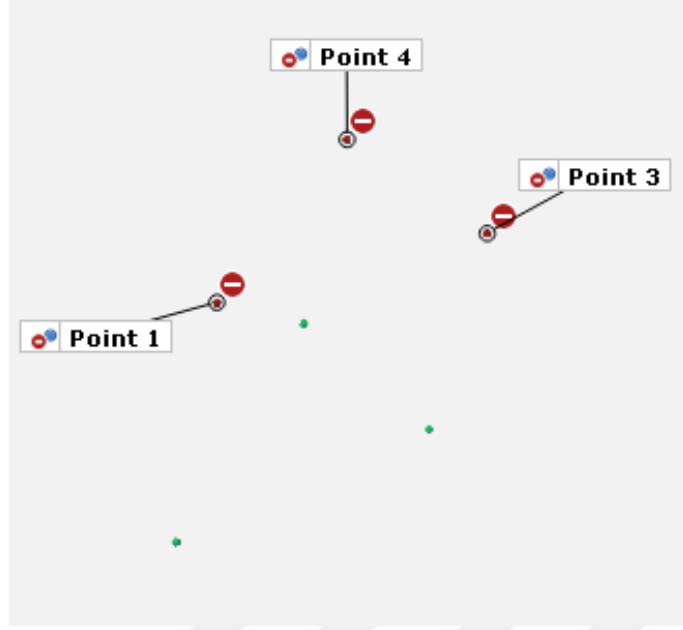


Resim 40: İkinci taramanın üzerinde noktaların saptanması

Bu sayede iki objenin üzerindeki noktalar 0.01 milimetrenin altında bir hata payı ile seçilmiş oldu. Daha sonra ölçümler için yapılan çakıştırmaya geçildi.

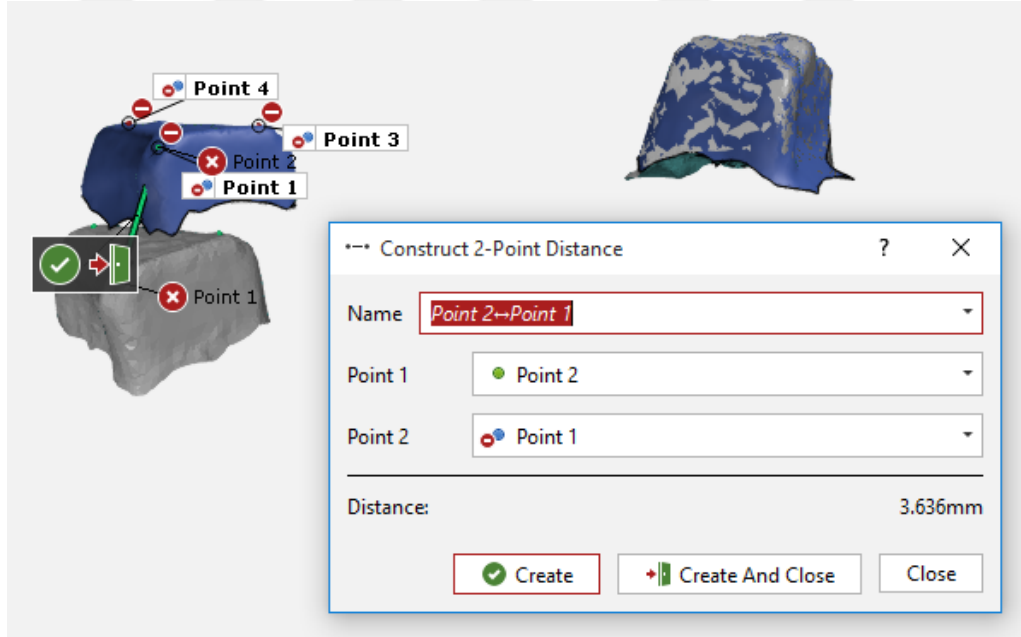


Resim 41: İki taramada saptanan üçer noktanın ölçüm çakıştırmadaki görüntüsü

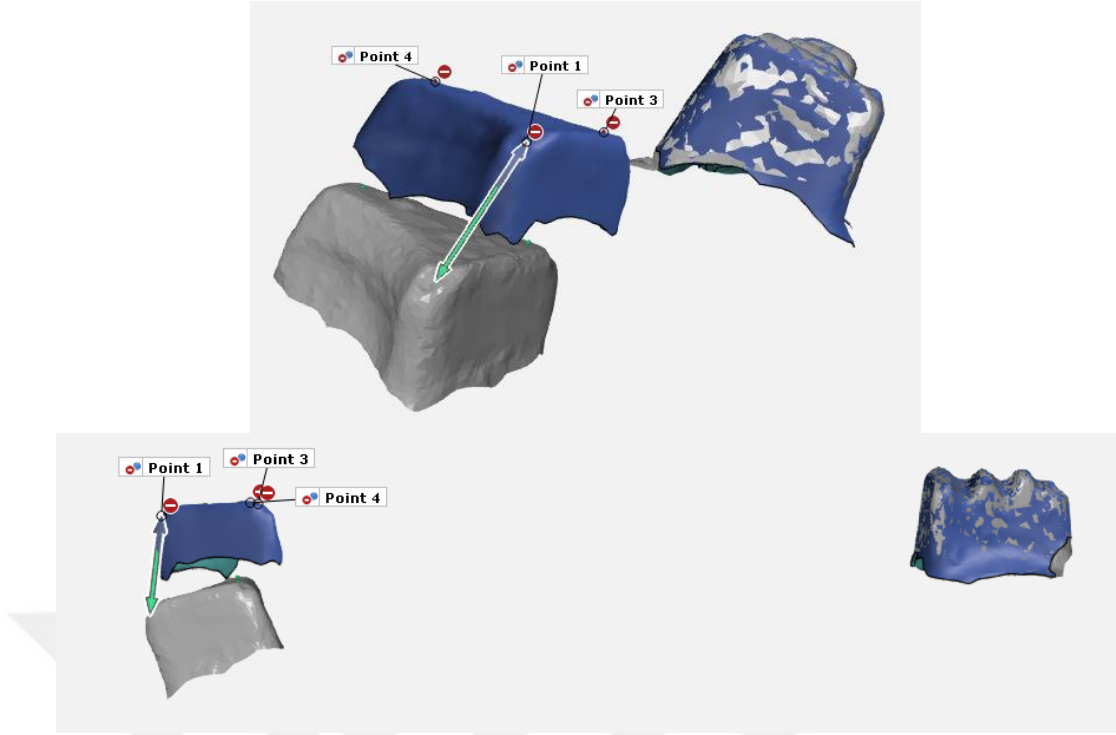


Resim 42: İki taramada saptanan üçer noktanın objeler çıkarılmış halde ölçüm çakıştırmasındaki görüntüsü

Objelerin en uzak köşelerindeki noktalar (Point 1 – Point 2) arasındaki mesafe lineer olarak ölçüldü. (Lineer Ölçüm A)

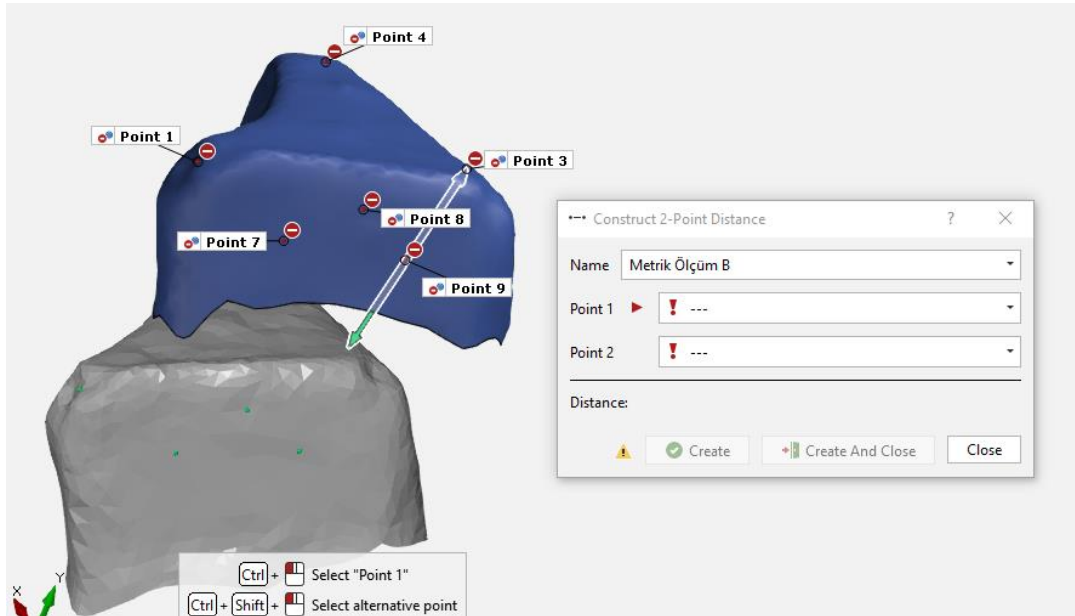


Resim 43: Lineer Ölçüm A'nın gerçekleştirilmesi

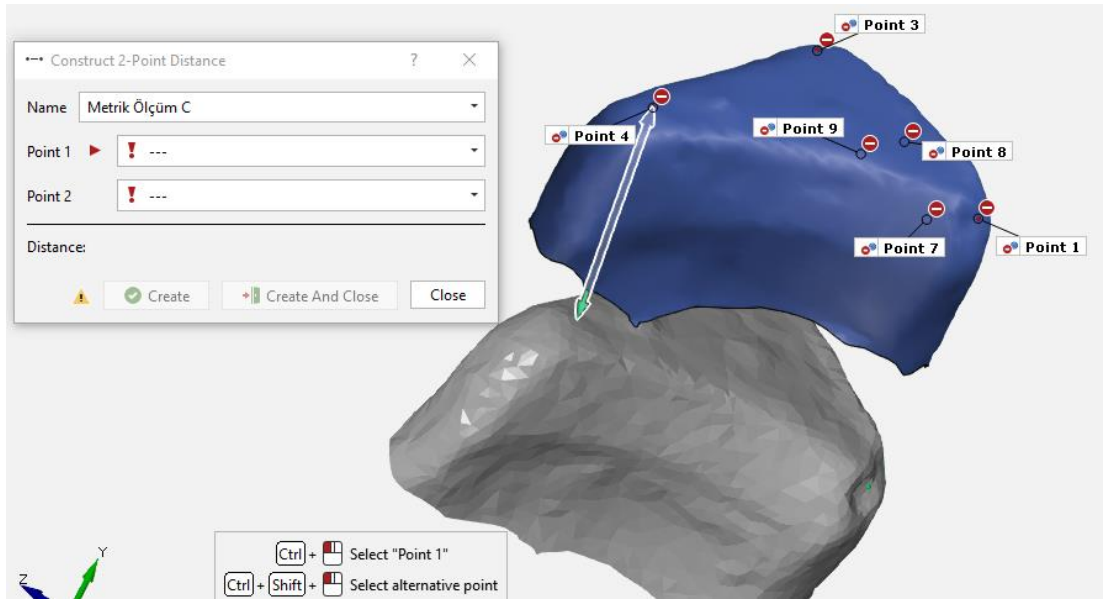


Resim 44: Ölçümün farklı yönlerden görüntüsü

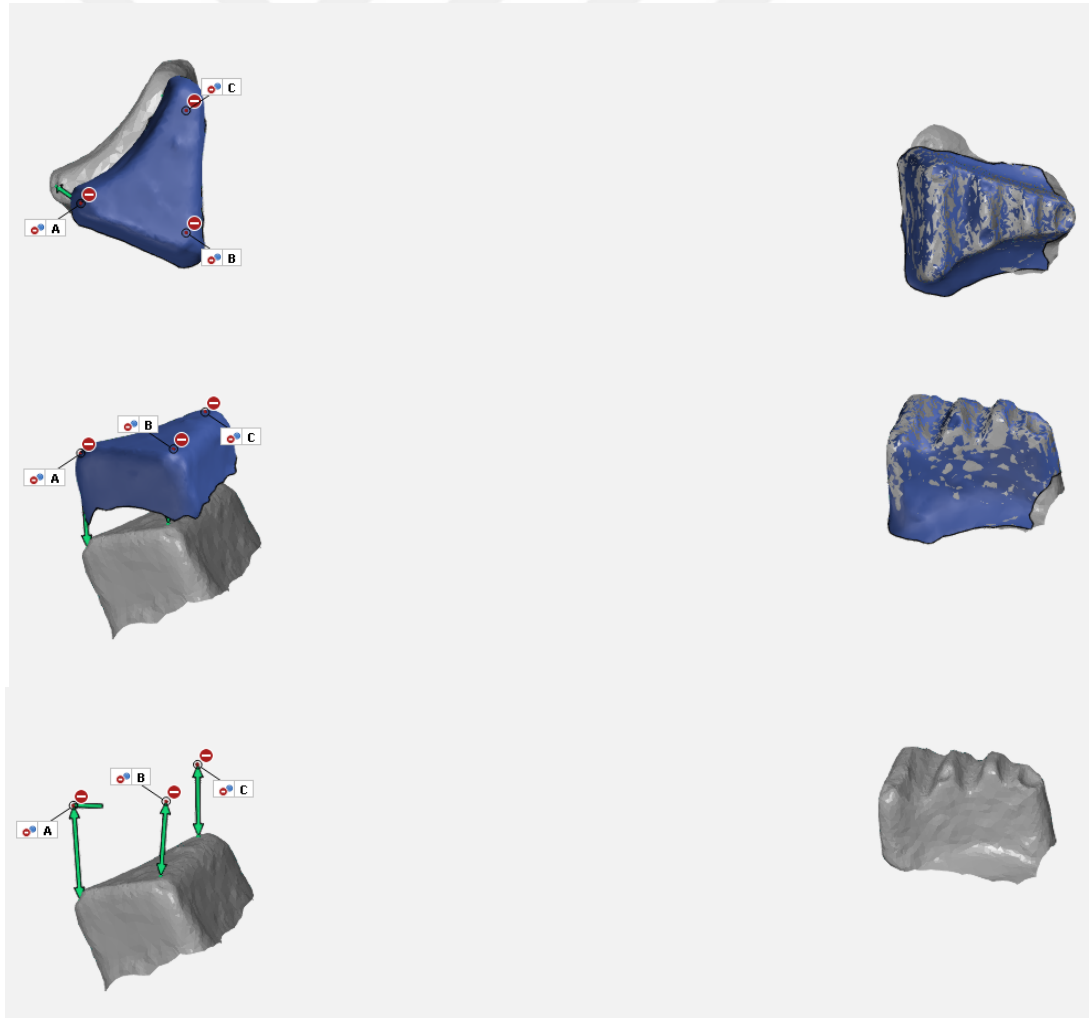
Lineer Ölçüm B için ise, Resim 41’de Point 3 olarak görülen nokta, Lineer Ölçüm C için ise, Resim 41’de Point 4 olarak görülen nokta referans alındı.



Resim 45: Lineer Ölçüm B’nin gerçekleştirilmesi

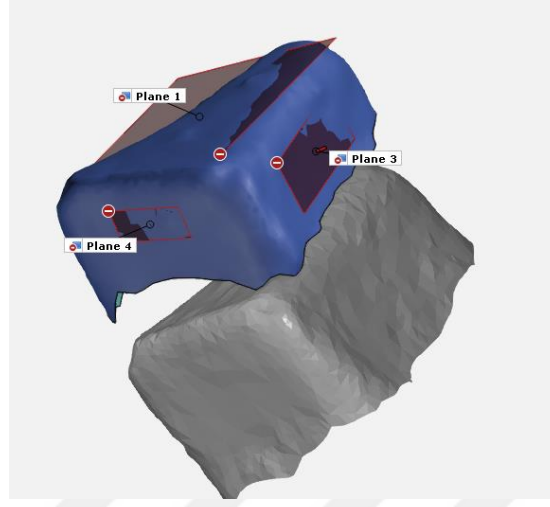


Resim 46: Linear Ölçüm C'nin gerçekleştirilmesi

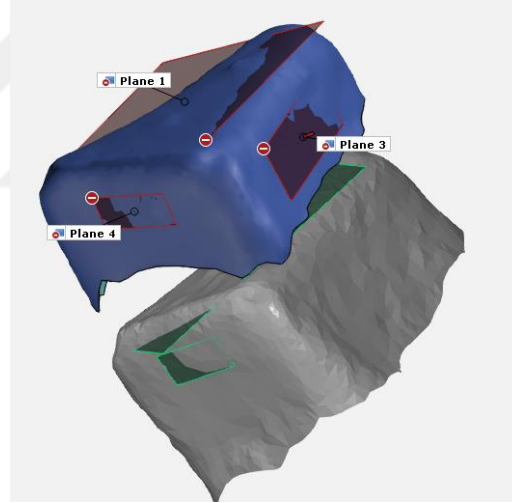


Resim 47: Linear Ölçümlerin farklı açılardan görüntüsü

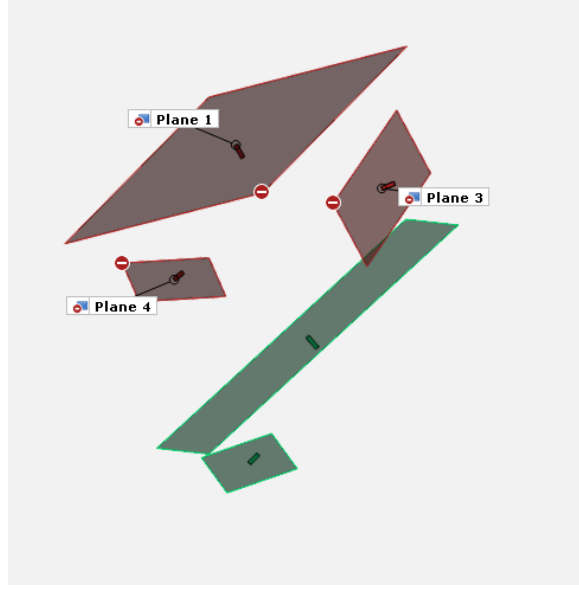
Açısal ölçümler için ilk obje üzerinde üç adet düzlem oluşturuldu. Ardından objeler çakıştırıldı ve ikinci obje üzerine bu üç düzlemden ikisi aktarıldı.



Resim 48: Üç düzlemin görüntüsü



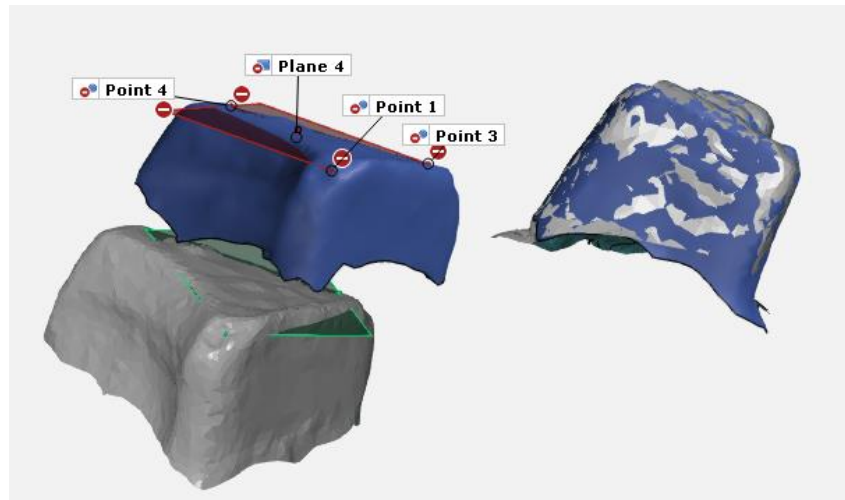
Resim 49: İkinci objede ölçüm düzlemleri



Resim 50: Açısal ölçümler için kullanılan düzlemler

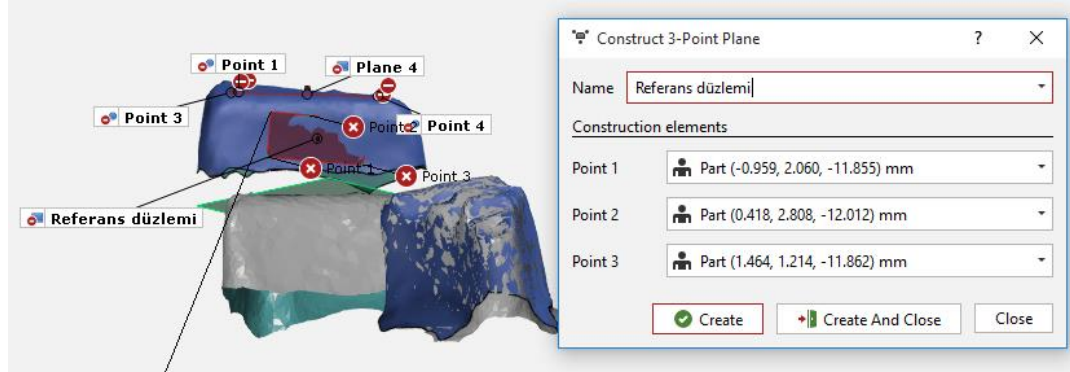
Bu üç düzlemin kesişimleri sonucu meydana gelen doğrular saptandı. Açısal Ölçüm TORİK, Açısal Ölçüm Fd ve Açısal Ölçüm Fp ölçümlerinin her biri için bir düzlem referans düzlemi olarak kabul edildi. Açısal Ölçüm TORİK değeri telde meydana gelen 3. düzen deformasyonu, yani burulmayı ortaya koyarken, Açısal Ölçüm Fd kuvvetin geliş doğrultusunda meydana gelen deformasyonu açısal olarak ortaya koymaktadır. Açısal Ölçüm Fp değeri ise kuvvetin uygulanış yönüne dik olarak meydana gelen deformasyonu açısal olarak ifade etmektedir.

Açısal Ölçüm TORİK için iki taramadaki objelerin köşelerinde seçilen üç noktadan geçen birer düzlem kullanıldı.

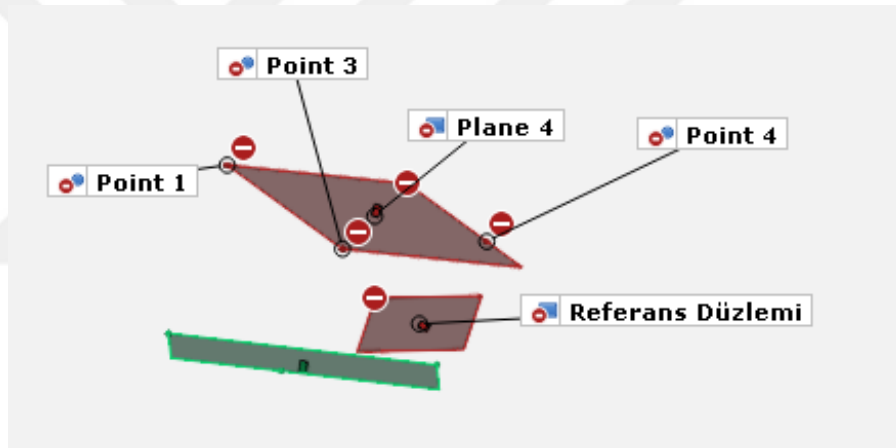


Resim 51: Objelerin üzerindeki üç noktanın birleşimiyle oluşturulan düzlemler

Ardından ilk taramanın, retainer telinin doğrultusuna dik şekilde konumlanan yüzeyi üzerinde oluşturulan bir referans düzlemi oluşturuldu.

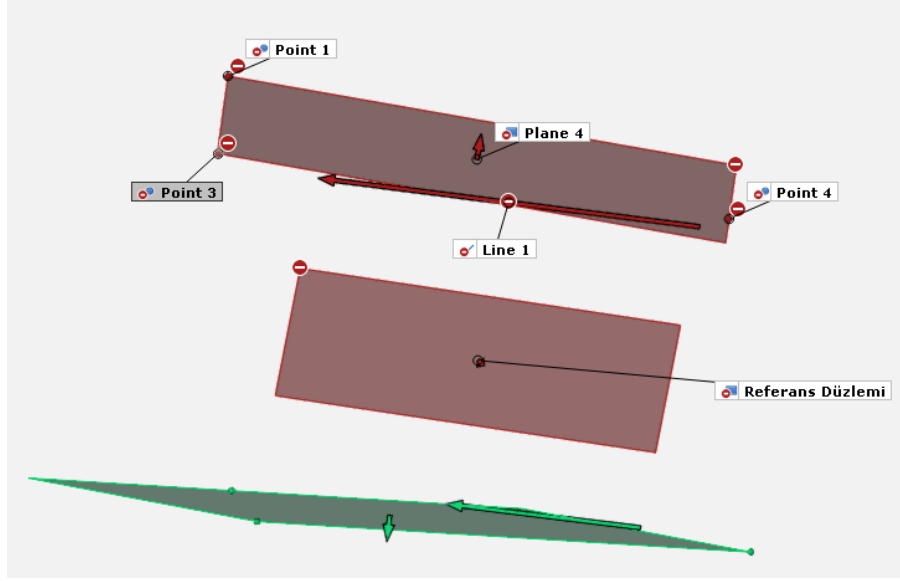


Resim 52: Referans düzleminin oluşturulması



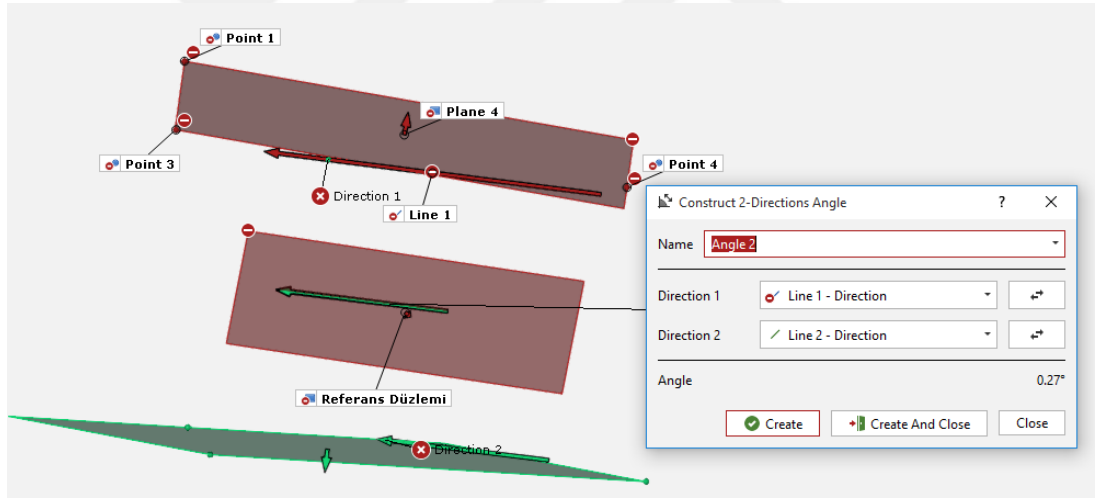
Resim 53: Düzlemlerin objeler çıkarıldıktan sonraki görüntüsü

Objelerin üst yüzeylerinde oluşturulan düzlemler ile, bu referans düzleminin kesişiminden elde edilen iki doğru saptandı.



Resim 54: Doğruların saptanması

Son olarak bu iki doğru arasındaki açı ölçüldü.

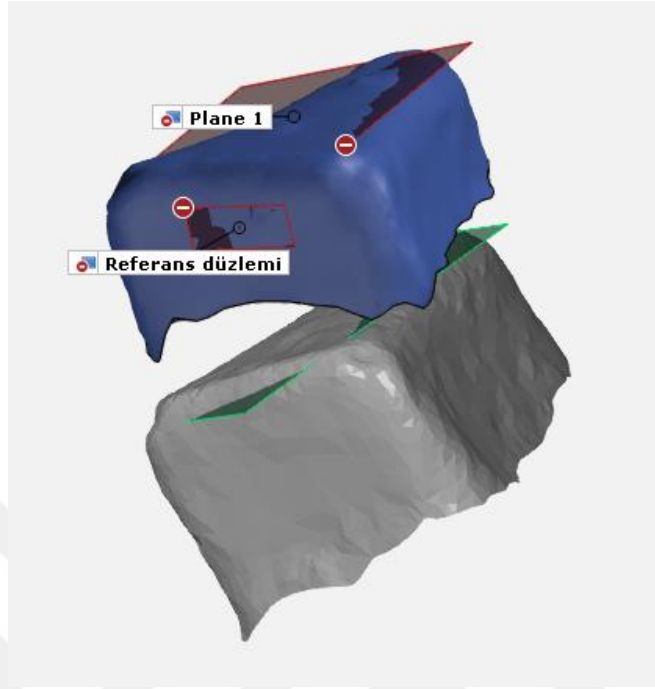


Resim 55: Açısal Ölçüm TORK'un gerçekleştirilmesi

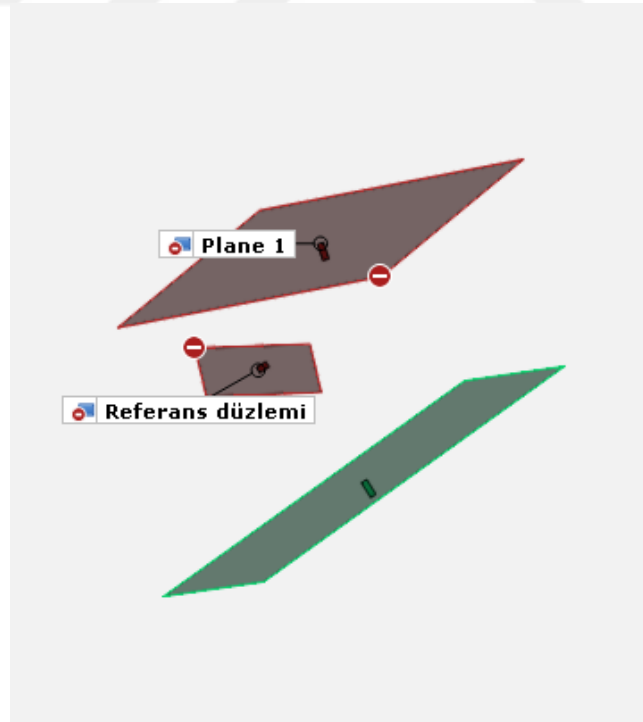


Resim 56: Açısal Ölçüm TORK ölçümünün saptadığı deformasyonun teldeki şematik görüntüsü

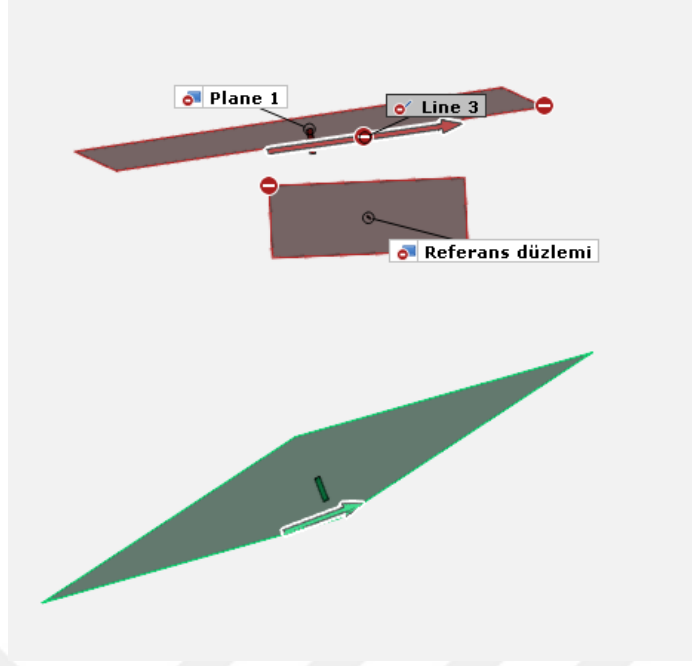
Açısal Ölçüm Fd değerinin saptanması için farklı bir düzlem referans düzlemi olarak ele alındı.



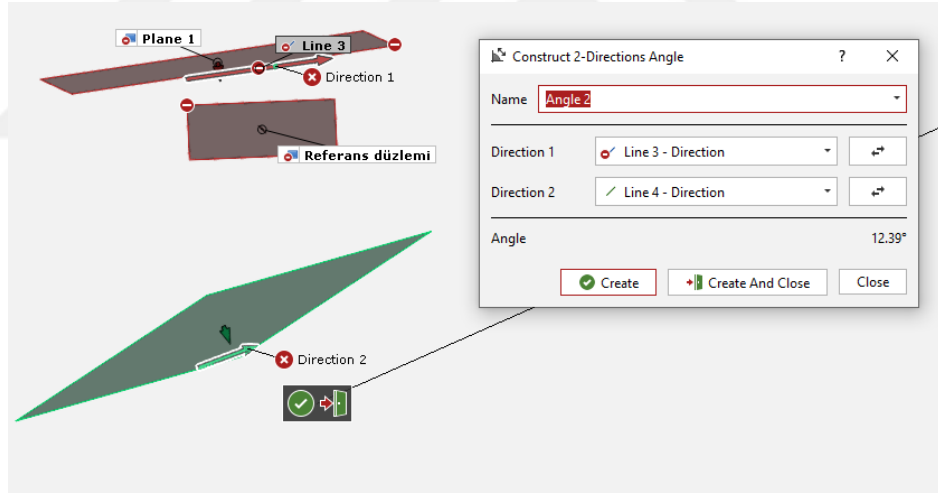
Resim 57: Açısal Ölçüm Fd için düzlemlerin saptanması



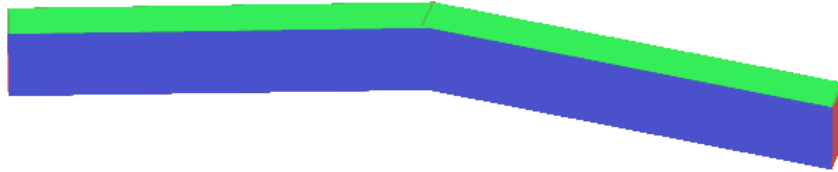
Resim 58: Düzlemlerin objeler çıkarıldıktan sonraki görüntüsü



Resim 59: Açısal Ölçüm Fd için düzlemlerin kesişimi sonucu meydana gelen doğruların saptanması

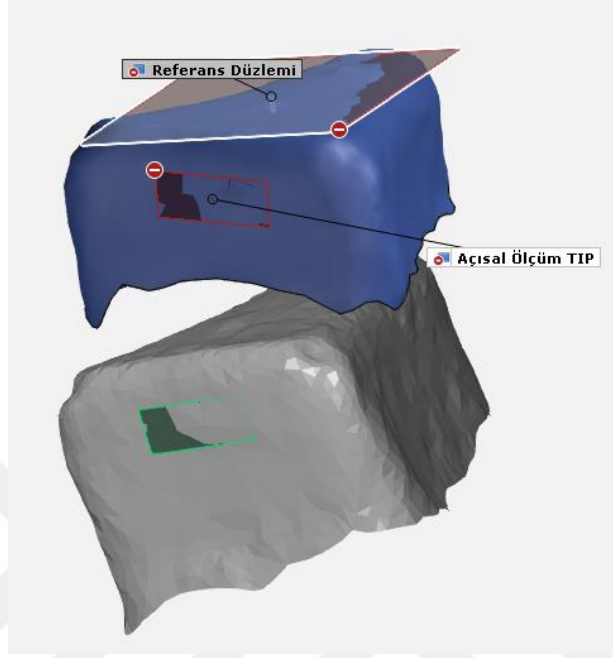


Resim 60: Açısal Ölçüm Fd için iki doğru arasındaki açının ölçümünün yapılması

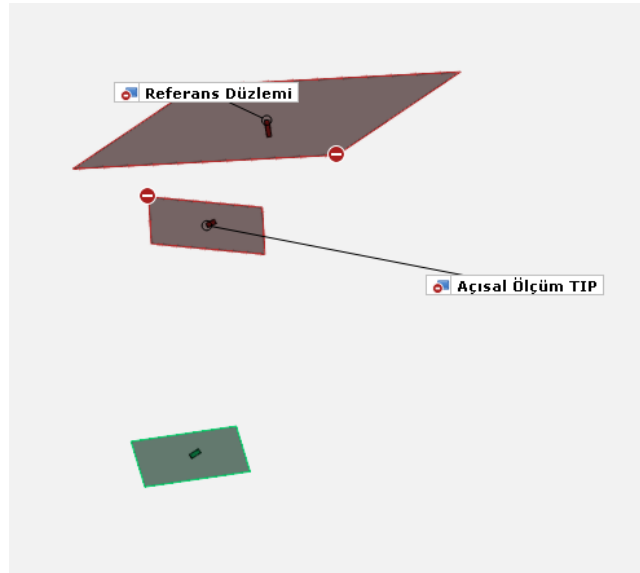


Resim 61: Açısal Ölçüm Fd ölçümünün saptadığı deformasyonun teldeki şematik görüntüsü

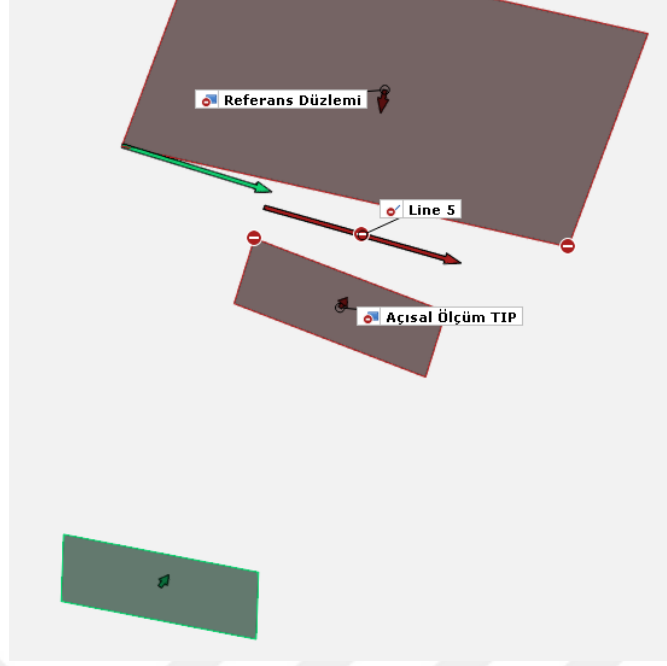
Açısal Ölçüm Fp değerinin saptanması için de ilk objenin uçlarında işaretlenen A, B ve C lineer ölçümlerinin yapıldığı noktaların oluşturduğu düzlem referans düzlemi olarak belirlendi.



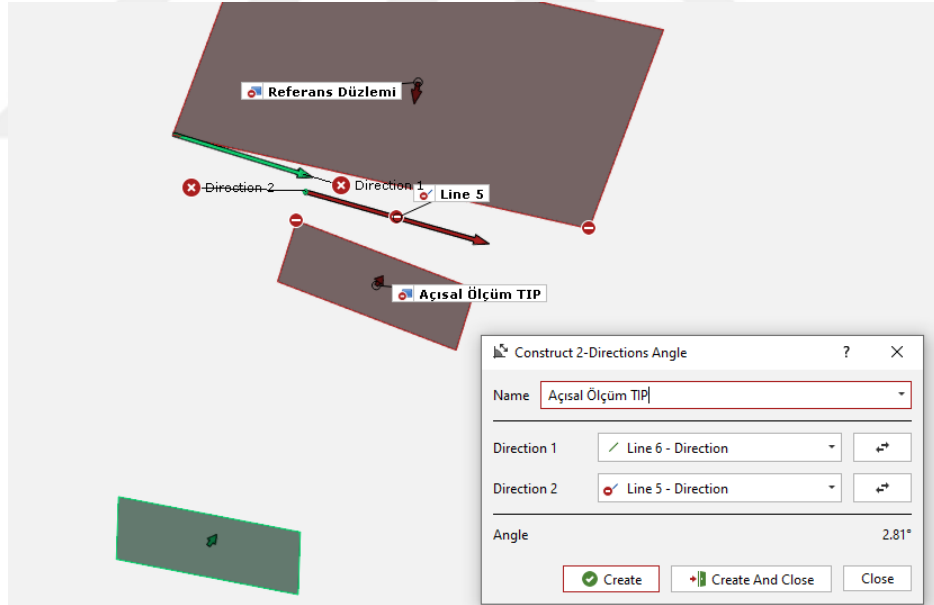
Resim 62: Açısal Ölçüm Fp için düzlemlerin saptanması



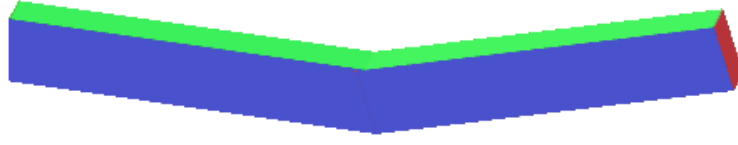
Resim 63: Düzlemlerin objeler çıkarıldıktan sonraki görüntüsü



Resim 64: Açısal Ölçüm Fp için düzlemlerin kesişimi sonucu meydana gelen doğruların saptanması



Resim 65: Açısal Ölçüm Fp için iki doğru arasındaki açının ölçümünün yapılması



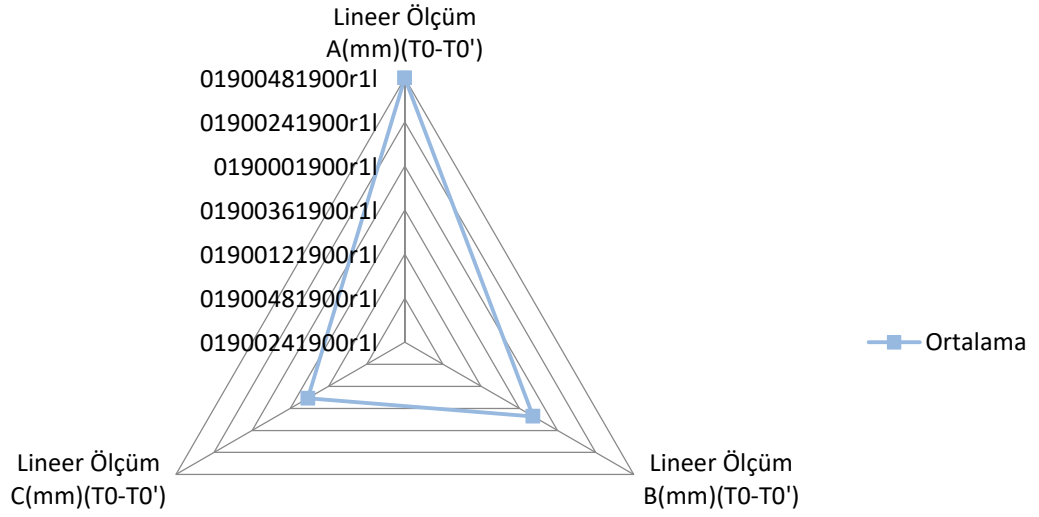
Resim 66: Açısal Ölçüm Fp ölçümünün saptadığı deformasyonun teldeki şematik görüntüsü

3.8. Tarama Cihazının Güvenilirliğinin Ölçümü

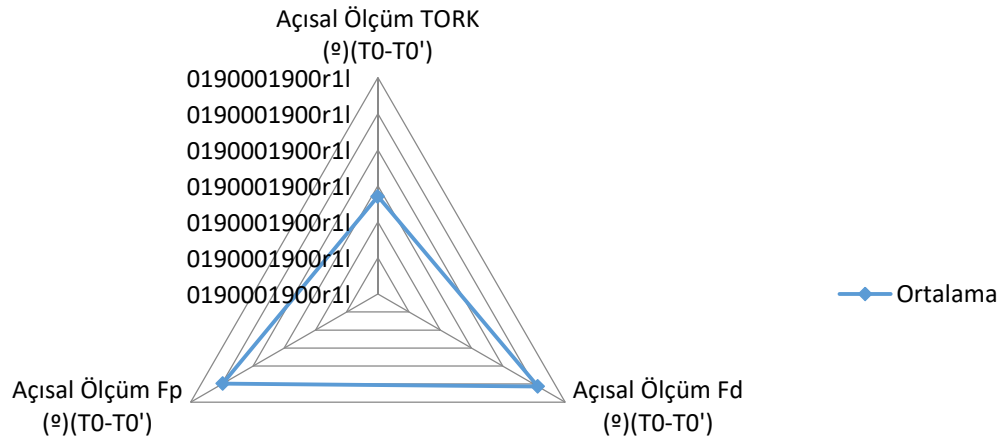
Literatürde üç boyutlu tarayıcıların yüksek bir hassasiyetle, 0.05 mm'den düşük bir hata payı ile tarama yapabildikleri bildirilmiştir (Mutwalli, Braian, Mahmood, & Larsson, 2018). Buna rağmen, biz verilerimizi taramalar sonucu elde ettiğimiz görüntülerin bir tarafındaki objenin çakıştırılması ile aldığımız için, metot hatamızı saptamak istedik. Literatürde bahsedilen 0.05 mm'lik sapma objelerin total çakıştırılmasında ortaya çıkan değerdir. Çalışmamızda iki ucundaki objeler arasında 24 mm mesafe olan örneklerin, bir objesinin lokal çakıştırılması sonucunda meydana gelen metot hatasını saptamak amacıyla, tüm örnekler oluşturulduktan sonra iki defa tarandı. Bu iki tarama çakıştırılıp üzerlerinde ölçümler yapıldı. Metot hataları Tablo 1'de görülmektedir.

	N	Ortalama	Standart Sapma	Std. Hata	%95 Güven Aralığı		Minimum	Maksimum
Lineer Ölçüm A(mm)(T0-T0')	25	0,22	0,14	0,03	0,16	0,28	0,03	0,54
Lineer Ölçüm B(mm)(T0-T0')	25	0,19	0,12	0,02	0,15	0,24	0,04	0,47
Lineer Ölçüm C(mm)(T0-T0')	25	0,19	0,11	0,02	0,14	0,23	0,04	0,48
Açısal Ölçüm TORK (°)(T0-T0')	25	0,27	0,21	0,04	0,18	0,36	0,01	0,89
Açısal Ölçüm Fd (°)(T0-T0')	25	0,51	0,44	0,09	0,33	0,70	0,00	1,36
Açısal Ölçüm Fp (°)(T0-T0')	25	0,50	0,43	0,09	0,32	0,67	0,02	1,85

Tablo 1: Örneklerin deforme edilmeden önce iki defa taranması sonucu ortaya çıkan metot hatası



Grafik 1: Lineer ölçümlerdeki ortalama metot hatası



Grafik 2: Açısal ölçümlerdeki ortalama metot hatası

3.9. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmada elde edilen veriler üzerinde yapılan istatistik hesaplamasında, Açısal Ölçüm TORK ve Açısal Ölçüm Fp dışındaki tüm ölçümlerin Post Power değerleri yeterli bulunmuştur.

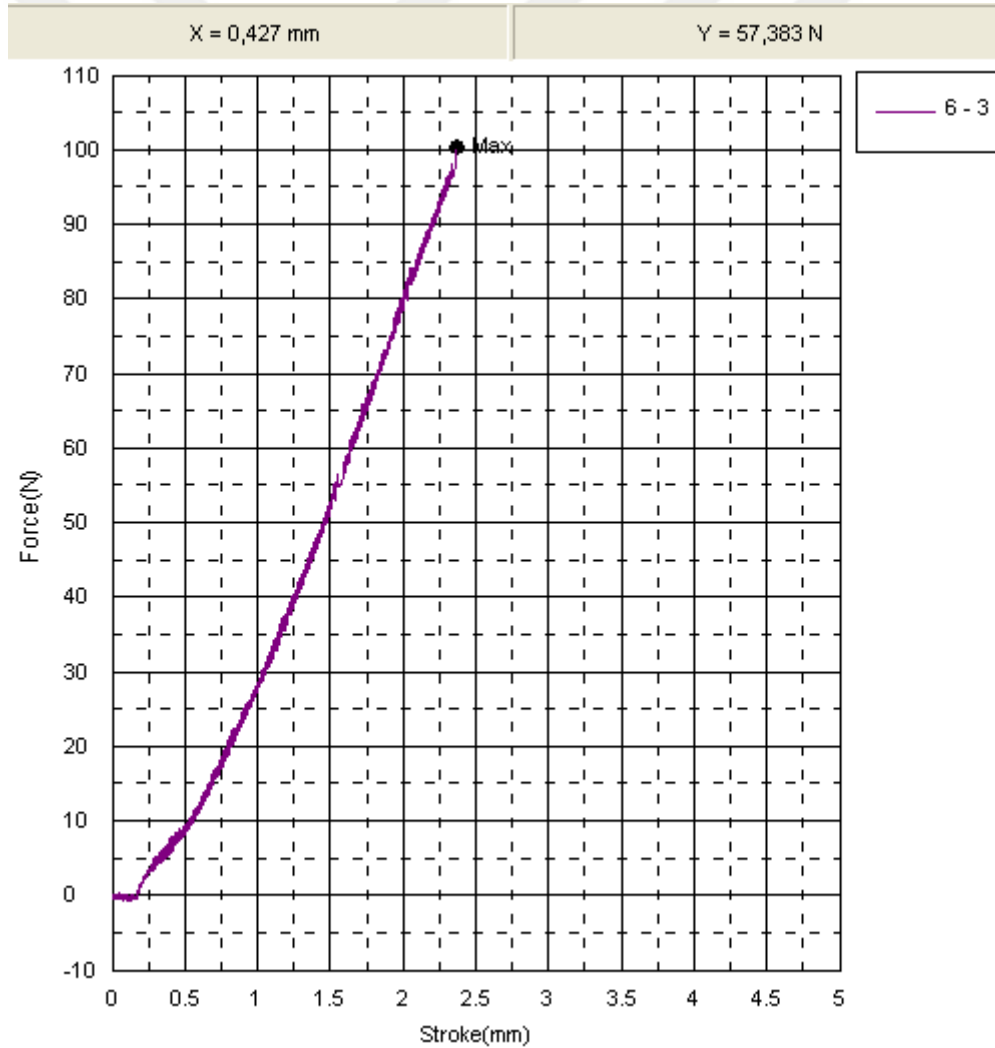
Çalışmada elde edilen verilerin istatistik hesapları Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı'nda, Windows için SPSS (Statistical Package for Social Sciences) Versiyon 25.0 programı kullanılarak elde edilmiştir. Ölçümlerin değerlendirilmesinde Kruskal – Wallis testi uygulanmış, ardından $p < 0.05$ anlamlılık seviyesinde gruplar arasında fark bulunan ölçümlerde Dunn testi ile gruplar ikili olarak karşılaştırılmıştır ve bunlara Bonferroni düzeltmesi yapılmıştır.



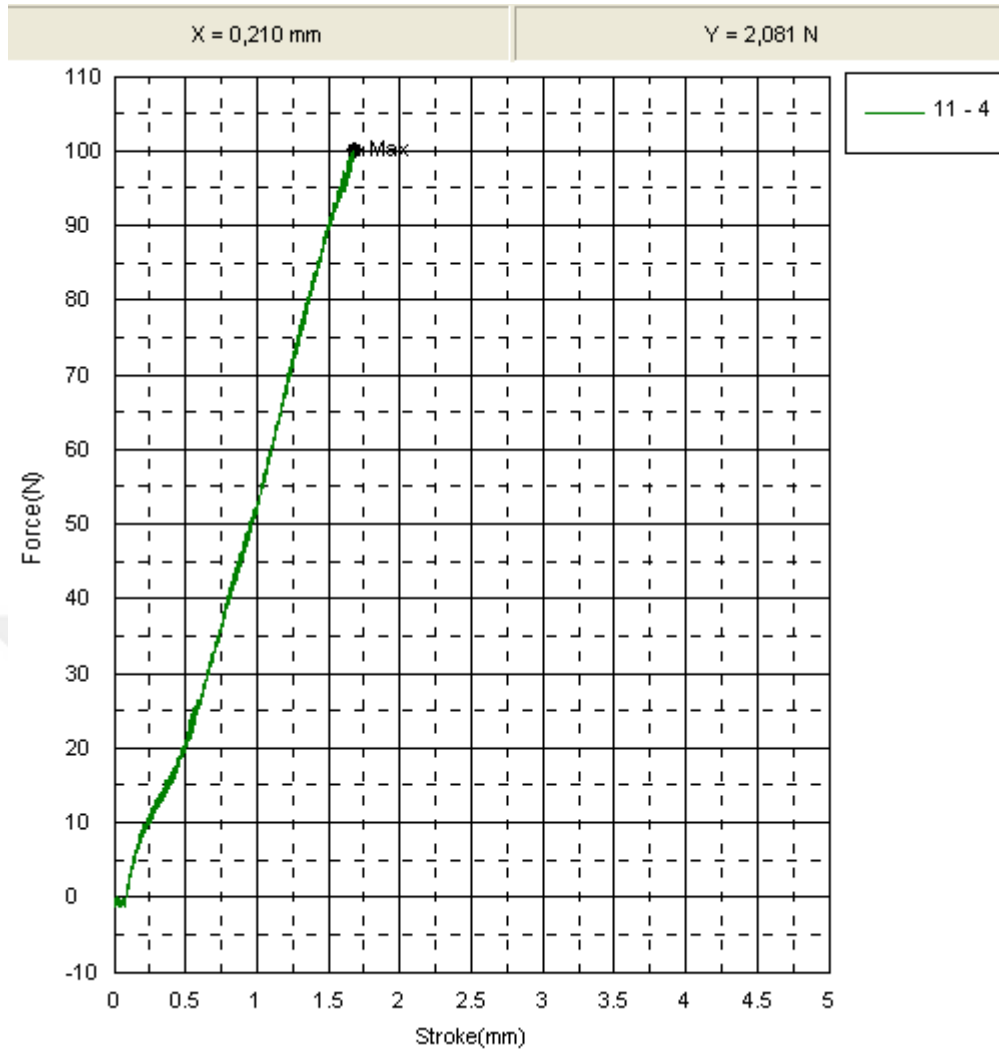
BÖLÜM IV

4. Bulgular

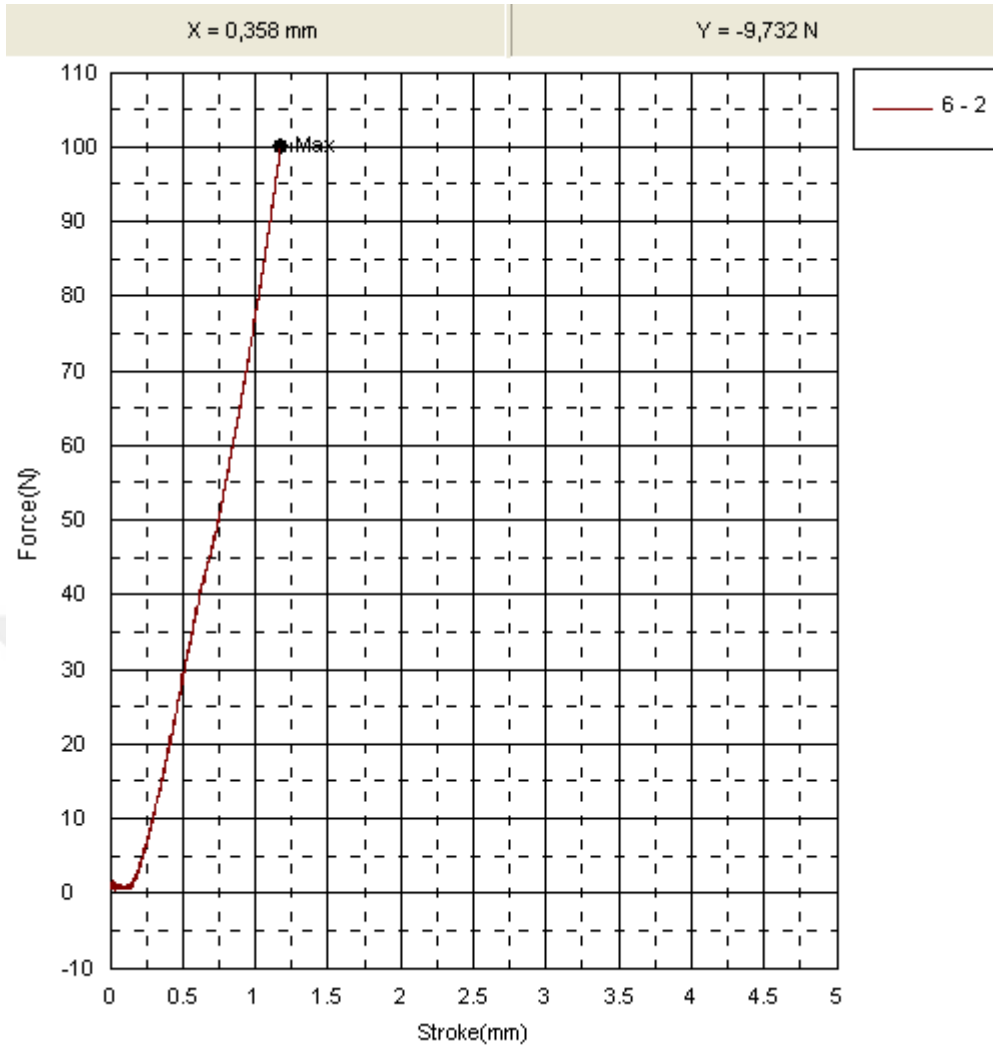
Geliştirilen düzenekte toplam 30 adet örnek Universal test cihazı ile deforme edilmiştir. Bond-a-Braid tipindeki örneklerde hiçbir problem yaşanmazken, Twist Flex tipindeki üç örneğin ve Dead wire NiTi tipindeki bir örneğin kompozit blok kısımları düzenekten kurtulmuştur. Ayrıca, bir Dead wire NiTi tipindeki örneğin kompozit blok kısmı kırılmış ve bu 5 örnek çalışma dışı bırakılmıştır. Üniversal test cihazının farklı örnek tiplerini deforme ederken ortaya çıkan, kuvvet/lineer deformasyon miktarı grafikleri aşağıda gösterilmektedir.



Resim 67: Bond-a-Braid tipindeki bir örneğin kuvvet lineer deformasyon miktarı grafiği



Resim 68: Twist Flex 0,0175" tipindeki örneğin kuvvet/lineer deformasyon miktarı grafiği



Resim 69: Dead wire Ni-Ti tipindeki örneğin kuvvet/lineer deformasyon miktarı grafiği

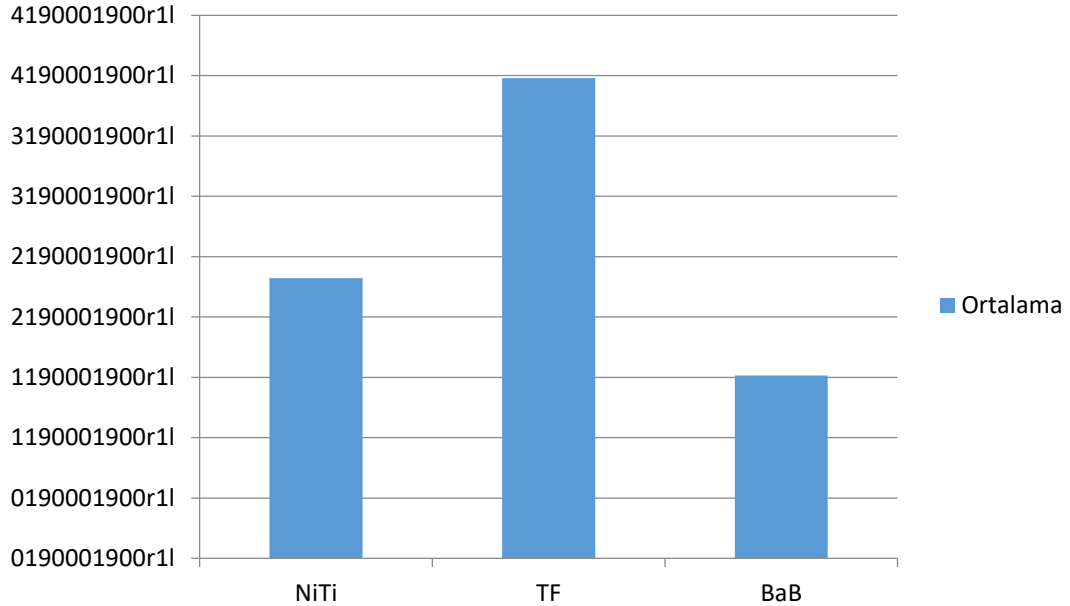
Grafiklerde görüldüğü üzere, tüm örnekler Universal test cihazı 100 N'lık bir kuvvete ulaşana kadar deforme edilmiştir. BaB tipindeki örnek 2 mm'den fazla esnemiştir. TF tipindeki örnek 1.5 mm'den fazla esnemiştir. NiTi tipindeki örnek ise 1 mm'den fazla esnemiştir. Cihaz, bıçak örneğe temas etmeyecek şekilde başlatılmıştır. Grafikler cihazın başlangıçtan itibaren hareketini yansıtmaktadır. Yani kuvvette artışı gözlemlenmeye başlanan nokta teldeki esnemenin başladığı noktadır. Grafikler yorumlanırken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmamıza dahil edilen deforme olmuş örnekler tekrar taranmış ve örneklerin deforme olmadan önceki taramaları ile lokal karşılaştırma yapılmıştır. Buna göre örneklerde meydana gelen deformasyonlar, üç noktadan lineer olarak ve üç farklı düzlem üzerinde açisal olarak ölçülmüştür.

Lineer Ölçüm A(mm)(T0-T1)							P
	Median	Minimum	Maksimum	N	Ortalama	Standart sapma	
NiTi	1,88	1,63	4,73	7	2,32	1,09	$P_{BaB-NiTi}=0.241$ $P_{BaB-TF}=0.000$ $P_{NiTi-TF}=0.148$
TF	4,03	2,54	5,40	8	3,98	0,80	
BaB	1,47	0,95	2,10	10	1,52	0,37	
Total	1,95	0,95	5,40	25	2,53	1,29	

Tablo 2: Lineer Ölçüm A deformasyon değerleri

Örnekte meydana gelen deformasyonun milimetrik olarak miktarı Tablo 2’de gösterilmiştir. Lineer Ölçüm A’ya göre en fazla deformasyon Flexible Spiral Wire tipinde olan Twist flex 0,0175” telinde meydana gelmiştir (Tablo 2). Gruplar kendi aralarında değerlendirildiğinde, dead wire tipinde bir retainer teli olan Bond-a-Braid ile flexible spiral wire tipinde bir tel olan Twist Flex 0,0175” arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0.05$) (Tablo 2).

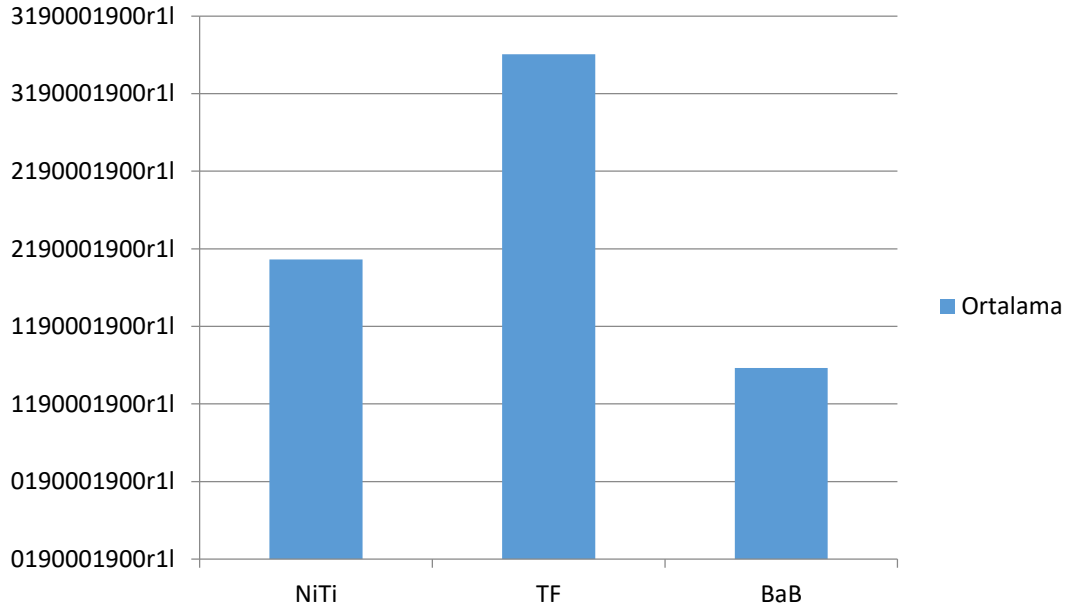


Grafik 3: Lineer Ölçüm A ölçümünün ortalama değeri

Lineer Ölçüm B(mm)(T0-T1)							P
	Median	Minimum	Maksimum	N	Ortalama	Standart sapma	
NiTi	1,65	1,37	3,90	7	1,93	0,89	$P_{BaB-NiTi}=0.112$ $P_{BaB-TF}=0.000$ $P_{NiTi-TF}=0.227$
TF	3,25	2,09	4,43	8	3,25	0,66	
BaB	1,21	0,76	1,65	10	1,23	0,29	
Total	1,65	0,76	4,43	25	2,07	1,05	

Tablo 3: Lineer Ölçüm B deformasyon değerleri

Lineer Ölçüm B'ye göre en fazla deformasyon Twist Flex 0,0175" tipindeki telde meydana gelmiştir (Tablo 3). Gruplar kendi aralarında değerlendirildiğinde, dead wire tipinde bir retainer teli olan Bond-a-Braid ile flexible spiral wire tipinde bir tel olan Twist Flex 0,0175" arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0.05$) (Tablo 3).

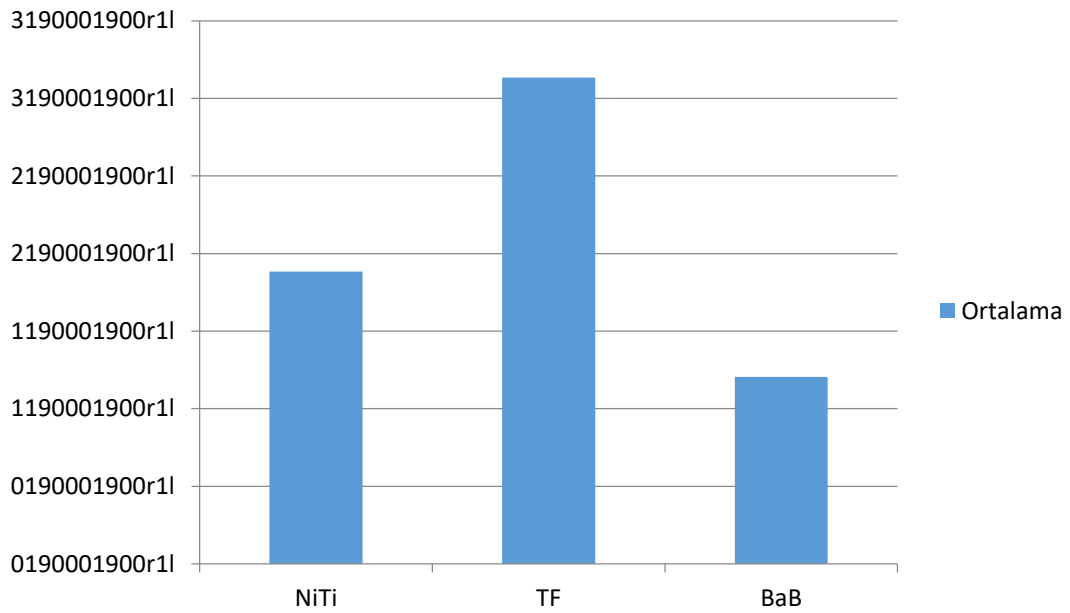


Grafik 4: Lineer Ölçüm B ölçümünün ortalama değeri

Lineer Ölçüm C(mm)(T0-T1)							P
	Median	Minimum	Maksimum	N	Ortalama	Standart sapma	
NiTi	1,56	1,31	3,74	7	1,88	0,86	$P_{BaB-NiTi}=0.191$ $P_{BaB-TF}=0.000$ $P_{NiTi-TF}=0.190$
TF	3,20	1,96	4,27	8	3,13	0,65	
BaB	1,20	0,86	1,65	10	1,21	0,31	
Total	1,65	0,86	4,27	25	2,01	1,02	

Tablo 4: Lineer Ölçüm C değerleri

Lineer Ölçüm C'ye göre en fazla deformasyon Twist Flex 0,0175" tipindeki telde meydana gelmiştir (Tablo 4). Gruplar kendi aralarında değerlendirildiğinde, dead soft wire tipinde bir retainer teli olan Bond-a-Braid ile flexible spiral wire tipinde bir tel olan Twist Flex 0,0175" arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0.05$) (Tablo 4).

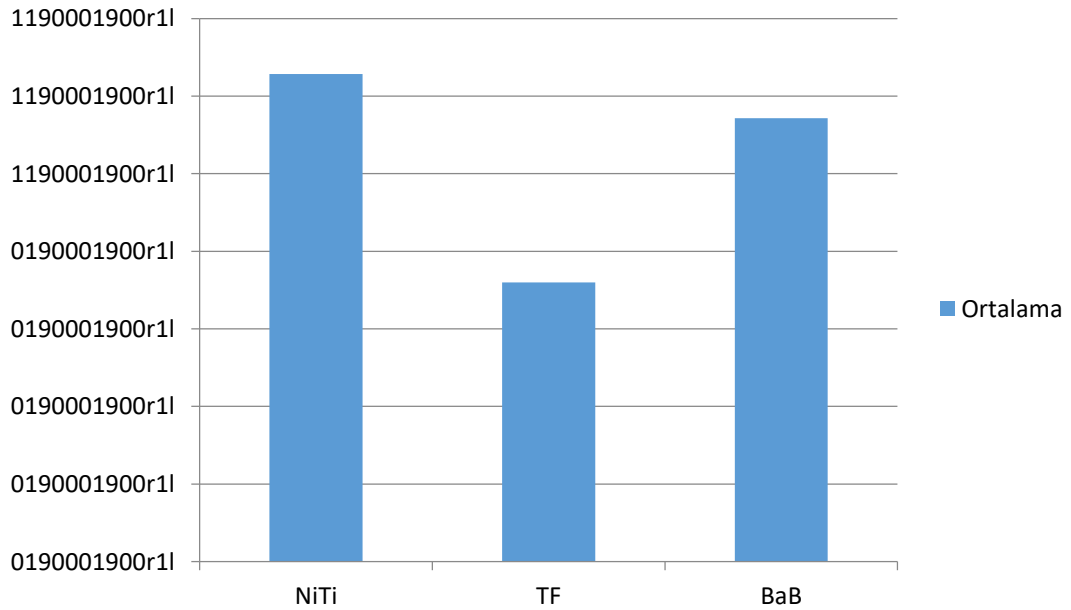


Grafik 5: Lineer Ölçüm C ortalama değerleri

Açısal Ölçüm TORK (°)(T0-T1)							P
	Median	Minimum	Maksimum	N	Ortalama	Standart Sapma	P=0.317
NiTi	0,90	0,02	3,44	7	1,26	1,18	
TF	0,63	0,27	1,29	8	0,72	0,40	
BaB	1,12	0,42	1,97	10	1,14	0,55	
Total	0,90	0,02	3,44	25	1,04	0,75	

Tablo 5: Açısal Ölçüm TORK deformasyon değerleri

Örneklerde meydana gelen deformasyonun Açısal Ölçüm TORK değerleri Tablo 5’te gösterilmiştir. Bu değer telde meydana gelen burulmayı ortaya koymaktadır. Köşeli kesitlere sahip dead wire Ni-Ti retainer teli ve Bond-a-Braid, yuvarlak kesitli Twist Flex 0.175’e kıyasla daha fazla deformasyon göstermiştir. Gruplar kendi aralarında kıyaslandığında istatistiksel anlamlı bir fark görülmemiştir (Tablo 5).

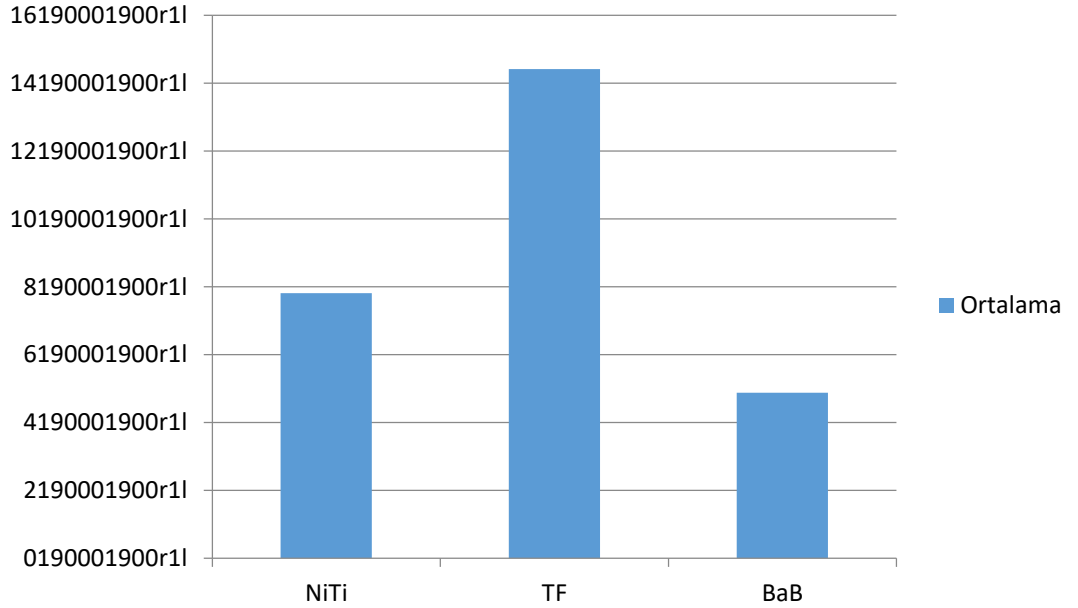


Grafik 6: Açısal Ölçüm TORK ortalama değerleri

Açısal Ölçüm Fd(°)(T0-T1)							P
	Median	Minimum	Maksimum	N	Ortalama	Standart Sapma	
NiTi	6,40	4,39	17,27	7	7,81	4,33	$P_{BaB-NiTi}=0.278$ $P_{BaB-TF}=0.000$ $P_{NiTi-TF}=0.136$
TF	14,48	10,91	18,76	8	14,41	2,29	
BaB	4,11	3,25	7,77	10	4,87	1,73	
Total	7,33	3,25	18,76	25	8,75	4,95	

Tablo 6: Açısal Ölçüm Fd deformasyon değerleri

Örneklerde meydana gelen deformasyonun Açısal Ölçüm Fd değerleri Tablo 6’da gösterilmiştir. Bu değer, örneklerde kuvvetin geliş doğrultusunda meydana gelen deformasyonu bildirmektedir. Açısal Ölçüm Fd’a göre en fazla deformasyon TF’de meydana gelmiştir (Tablo 6). Twist Flex 0,0175” ile Bond-a-Braid grubu karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcuttur ($p<0.05$) (Tablo 6).

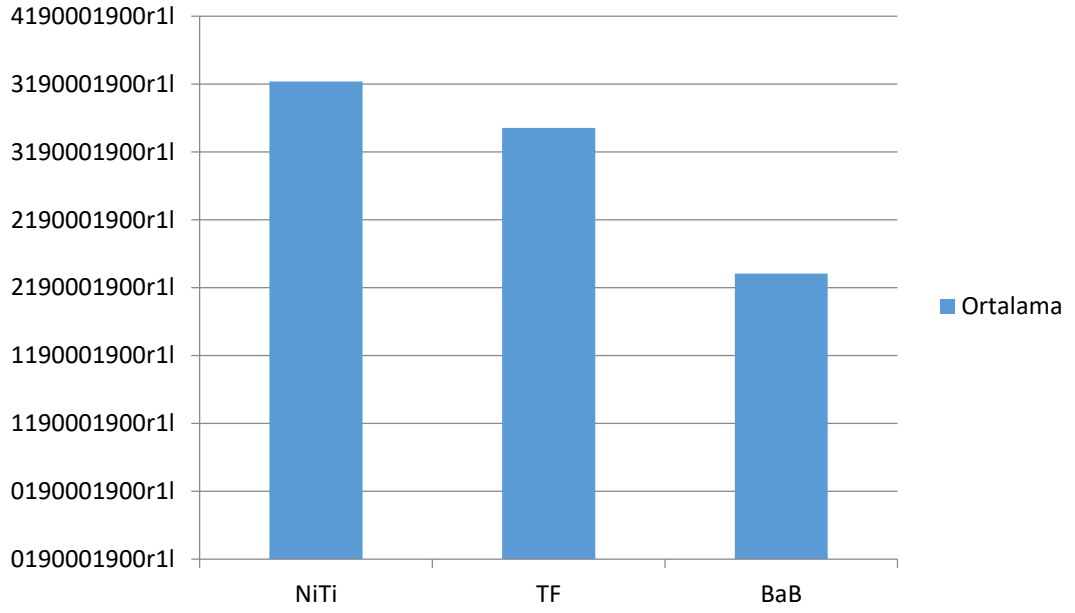


Grafik 7: Açısal Ölçüm Fd ortalama değerleri

Açısal Ölçüm Fp (°)(T0-T1)							P
	Median	Minimum	Maksimum	N	Ortalama	Standart Sapma	P=0.353
NiTi	3,18	1,60	9,02	7	3,52	2,54	
TF	2,96	0,92	5,77	8	3,18	1,70	
BaB	1,98	0,31	4,18	10	2,10	1,26	
Total	2,65	0,31	9,02	25	2,84	1,86	

Tablo 7: Açısal Ölçüm Fp değerleri

Örneklerde meydana gelen deformasyonun Açısal Ölçüm Fp değerleri Tablo 7’de gösterilmiştir. Bu değer kuvvetin geliş doğrultusuna dik doğrultuda meydana gelen açısal deformasyonu bildirmektedir. Gruplar kendi aralarında kıyaslandığında istatistiksel anlamlı bir fark görülmemiştir (Tablo 7).



Grafik 8: Açısal Ölçüm Fp ölçümünün ortalama değerleri

BÖLÜM V

5. Tartışma

5.1. Amacın Tartışılması

Ortodontik tedavi sonrasında meydana gelen hareketlerin hepsini nüks diye adlandırmak doğru olmayabilir. Nüks, literatürde dişlerin tedavi öncesindeki konumlarına doğru hareket etmesi olarak bildirilmiştir (Shaughnessy, Proffit, & Samara, 2016). Ancak, literatürde bildirilen vakaların bir kısmında meydana gelen diş hareketlerinin, dişlerin tedavi öncesindeki konumu ile bir ilişkisi görülmemiştir. Bunun dışında birçok vakada, pekiştirme telinde gözle görülür bir kusur mevcut değildir (Katsaros, Livas, & Renkema, 2007). Meydana gelen bu diş hareketleri, literatürde “X effect” veya “twist effect” olarak adlandırılmaktadır. (Kučera & Marek, 2016) Bu hareketlerin sebepleri ise tam olarak ortaya konamamıştır. Biz çalışmamızda bu hareketlerin kullanılan tel tipi ile ilişkili olabileceğini düşünerek, farklı sabit pekiştirme tellerini kuvvet etkisi ile deforme etmeye karar verdik. Deformasyon miktarı saptanan pekiştirme telinin, aynı aktif sabit ortodontik tedavide diş hareketi meydana getirmek için yapılan birinci, ikinci ve üçüncü düzen bükümlerin yol açtığı gibi dişlerde hareket meydana getirebileceği değerlendirildi (Roussarie & Douady, 2016). Böylece, literatürde bildirilen bu etkilerin sebebinin, telde meydana gelen deformasyon ile ilişkisi kurulmuş oldu.

5.2. Gereç ve Yöntemin Tartışılması

5.2.1. Düzeneğin, Örneklerin ve Deformasyon Tekniğinin Tartışılması

Çalışmamızda, sabit pekiştirme tellerinde kuvvet uygulanması sonucu meydana gelen deformasyon değerlendirilmek istenmiştir. Bu değerlendirme için üç boyutlu tarama yapılmasına karar verilmiştir. Taramada yapılacak karşıştırmalar için, objelerden birisinin üst yüzeyi tarama cihazında daha kolay görüntülenebilecek şekilde frez ile şekillendirilmiştir ve buna uygun, örneklerin oluşturulacağı kalıplar hazırlanmıştır. Ölçüm noktalarının kolay saptanabilmesi için köşeli bir yapıya sahip objeler hazırlanmıştır. Ayrıca örnekler üzerinde düzlemlerin oluşturulabilmesi

açısından, objelerde düz yüzeyli kısımlar da bırakılmıştır. Deforme edilecek örneklerin hepsinin standart şekilde kuvvete maruz kalabilmeleri amacıyla, köşeli kesitli tellerin tümü geniş kesiti bıçak yüzeyine temas edecek şekilde yerleştirilmiş ve deformasyon buna uygun şekilde gerçekleşmiştir. Köşeli tellerde bıçağın farklı açılardan temas etmesi sonucu deformasyonun daha farklı şekilde gerçekleşmesi beklenebilir. Tellerin düzeneğe tarafından herhangi bir kompozit blok olmaksızın sıkıştırılarak tutulması sonucunda, tellerin bu düzeneğe tarafından deforme edildiği pilot çalışmalarımızda görülmüştür. Bu bilgiler ışığında bir çözüm arayışına gidilmiş ve tellerin kaymaz bir biçimde iki ucunda retansiyon için bükümler bulunacak şekilde kompozit bloklar üzerine yerleştirilmesine karar verilmiştir. Bu kompozit bloklar, düzeneğin tutucu kolları bir kalıp gibi kullanılarak imal edilmiş ve bu sayede örnekler düzeneğe tutulmak için sıkıştırılırken herhangi bir deformasyonun gerçekleşmediğine emin olunmuştur. Teli iki ucunda retansiyon bükümlerinin bulunması sonucunda tellerde herhangi bir kaymanın olmadığı veya bu kaymanın minimum düzeyde olduğu düşünülebilir. Çalışmamızda örnekleri deforme etmek için Universal test cihazının bıçak kısmını dakikada 0,5 mm hareket edecek şekilde ayarlandı. Literatürde dental amaçla kullanılan tellerin deformasyonu için Universal test cihazı sıklıkla kullanılmaktadır (Zarif Najafi & Gavareshki, 2019). Cihaza 100 Newton kuvvete ulaştığında deformasyonu durdurma komutu verildi. 100 Newton'lık kuvvetin ortaya çıkması için teli belli miktarda uzaması gerçekleşti. Bu uzama, teldeki esneme veya Bond-a-Braid ve Twist Flex gibi çok sarımlı tellerde sarımların sıkışması/açılması sebebiyle meydana gelmiş olabilir. Ancak, bulgularımız değerlendirildiğinde Twist Flex tipindeki örneklerimizde bahsedilen bu sarımların açılması durumuna denk gelinmemiştir. Fakat bu durumun gerçekleşebileceğine dair literatürde çeşitli teoriler mevcuttur (Kim & Baek, 2020). Düzeneğe ve örneklerimiz bu özellikleri sebebiyle, teli kuvvet ile deformasyonu sonucu verdiği cevabı sunmaktadır. Ağız içerisindeki koşulları daha yakından yansıtmak amacıyla çeşitli modifikasyonlar yapılması mümkündür. Bunlar;

1. Düzeneğin teli tutan kısımlarının aynı dişlerin periodontal ligamentte hareket ettiği gibi semi-rijit hale getirilmesi.
2. Kuvvetin köşeli tellere farklı yönlerden uygulanması.
3. Teli 4 mm dışında diğer mesafelerde de defekte edilerek deformasyonunun sağlanması.

4. Telin ve örneğin, ark formuna uygun bir şekilde kurvatırlı bir hale getirilmesi
5. Örneklerin uç kısımlarında retansiyon bükümleri yapılmaksızın, tellerin kompozit içerisinde kaymasının sağlanması.
6. Tellerin dış minesine kompozit ile yapıştırılması.
7. Farklı sabit pekiştirme tellerinde bu deneyin tekrarlanması

Bu modifikasyonlar her ne kadar ağız içini daha net yansıtabilir olsa da, her biri elde edilen bulguları değiştireceği için, meydana gelen deformasyonun sebebinin anlaşılması noktasında akıllarda soru işaretleri bırakabilir. Ayrıca, deney düzeneğinin daha kompleks hale gelmesi oluşabilecek metot hatalarını arttırabilir. Çalışmamızın verdiği bilgiler ışığında gelecek çalışmalarda yukarıda bahsedilen modifikasyonların gerçekleştirilmesi mümkündür.

5.2.2. Tarama Cihazının ve Yönteminin Tartışılması

Gelişen teknoloji sayesinde, objeleri üç boyutlu şekilde taramak ve görüntüler üzerinde üç boyutlu ölçümler yapmak mümkün hale gelmiştir. Literatürde sabit pekiştirme tellerinde meydana gelen deformasyonu fotoğraf ile görüntüleyip, üzerinde ölçümler yapan çalışmalar mevcuttur (Baysal, Uysal, Gul, Alan, & Ramoglu, 2012). Nitekim, bu tip çalışmalarda fotoğraf ile yapılan ölçümde metot hataları daha kolay gerçekleşebilecek olup, ölçüm yalnızca bir düzlem üzerindeki iki boyutlu bir ölçüm olabilecektir. Biz çalışmamızda bu nedenlerle üç boyutlu görüntüleme yöntemlerini tercih ettik. Üç boyutlu görüntüleme yöntemlerinde en iyi sonucu sanayi tipi tarayıcıların verdiği literatürde bildirilmiştir (Renne, ve diğerleri, 2017). Bunun yanında bu tarayıcıların yüksek alım maliyetleri düşünüldüğünde, gelişen teknolojinin de yardımıyla, üreticiler daha düşük maliyetlerle alınabilecek ürünleri piyasaya sürmüşlerdir. Bu tarayıcılar da masaüstü veya ağız içi tarayıcı olarak adlandırılmaktadır. Bu tarayıcılardan 3 Shape TRIOS 3 tarayıcının, 0.05 mm'nin altında hata payı ile tarama yapabildiği literatürde bildirilmiştir (Kihara, ve diğerleri, 2019). Çalışmamızda, bu aralıktaki hata payının klinik olarak anlamlı bulunmaması sebebiyle, biz bu tarz bir tarayıcı ile ölçümlemimizi gerçekleştirdik. Ancak, çalışmamızda ölçümlemimizi yapmak adına GOM Inspect programında bir objenin üzerinde “local best-fit” fonksiyonunu kullandık. Aralarında 24 mm olan iki

objeden, sadece birinin bu yöntem ile karşılaştırılması sonucu, diğer objelerin konumları arasında 0.05 mm'den fazla bir fark meydana geldi.



Resim 70: Metot hatasının saptanması amacıyla ölçüm karşılaştırması yapılmış örneklerin görüntüsü

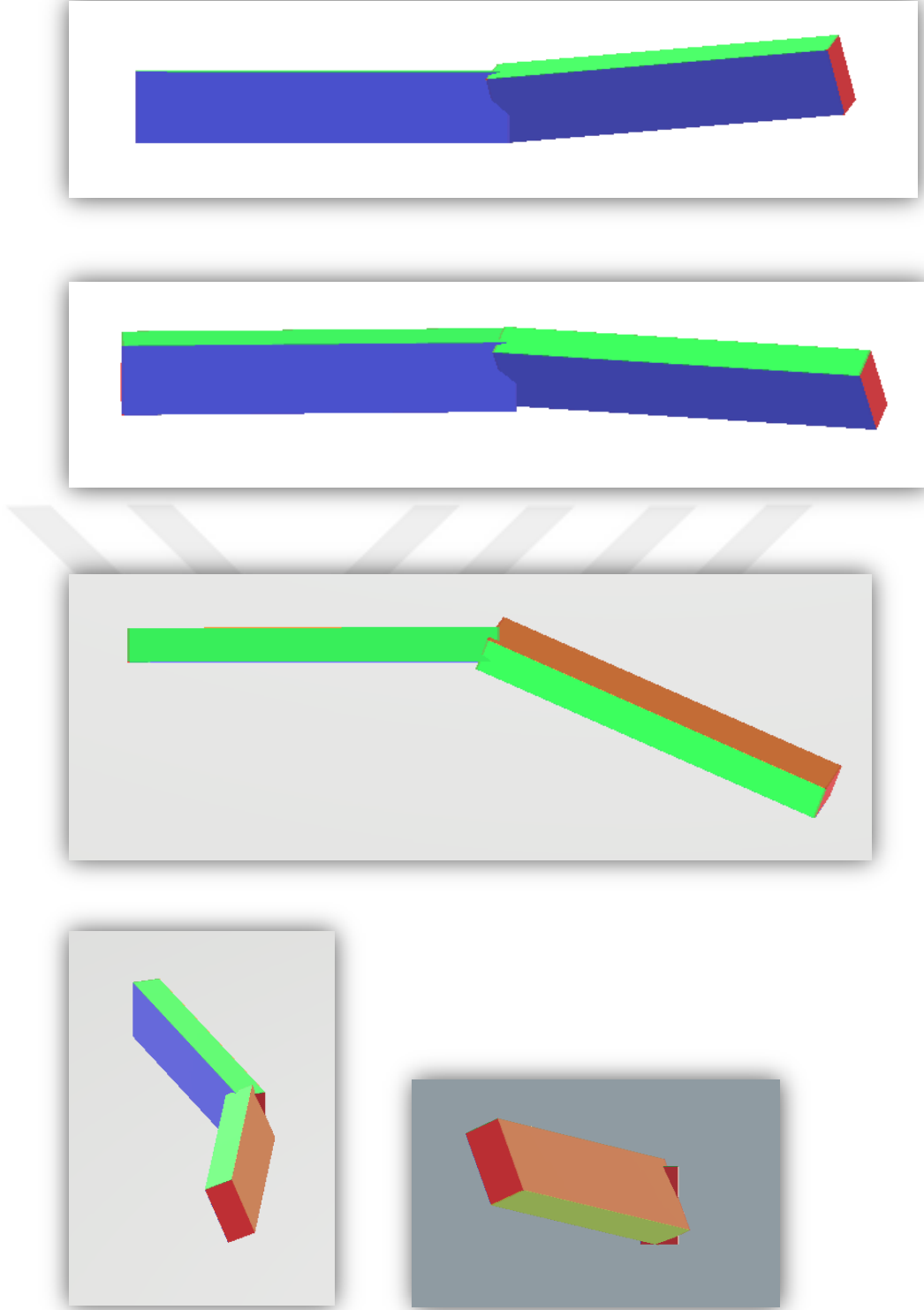
Çakıştırma, üzeri şekillendirilmiş olan sağ taraftaki objenin üzerinde, local best-fit ile gerçekleştirilmiştir. Resim 70'te görüldüğü üzere sağ taraftaki objede çakıştırma sonucu 0,05 mm'nin altında bir hata oluşmuştur. Ancak, bu objedeki çakıştırma sonucu, sol taraftaki objedeki fark 0,15 mm'ye kadar çıkmıştır. Açıkçası, çalışmamızda çakıştırmanın yapıldığı objenin taranma netliği ve çakıştırma programının bu objeyi üst üste çakıştırma kabiliyetine bağlı olarak bir metot hatası oluşmuştur. Bu metot hatasını saptamak adına, hazırlanan örneklerle hiçbir müdahale yapılmadan önce, her bir örnek iki defa taranıp bu taramalar arasındaki fark bulunmuştur. Bu sayede metot hatamızı hesaplayıp, bulgularımızı bu bilgi ışığında değerlendirdik.

5.2.3. Ölçüm Metotlarının Tartışılması

Ortodontide diş hareketlerini incelemek için uzayın üç yönünde bir değerlendirme yapılmalıdır. Biz bu hareketleri dişlere vermek adına, tedavilerin belli aşamalarında tellere bükümler verebilmekteyiz. Bu bükümler birinci düzen, ikinci düzen ve üçüncü düzen bükümler olarak literatürde geçmektedir (Ülgen, 1993). Sabit

pekiştirme telinde meydana gelen deformasyonu da ark teline verilmiş bir büküm gibi düşünmek ve deformasyonu bu açıdan incelemek mümkündür. Birinci ve ikinci düzen hareketlerin ikisi de lineer olarak hesaplanmaktadır. Tellerin ağız içerisindeki mevcut yerleşimi vakadan vakaya değişebildiği ve kuvvetin geliş yönünün bu iki düzendeki deformasyonu belirlemesi sebebiyle, birinci ve ikinci düzende meydana gelen deformasyonlar bileşke şeklinde tek bir ölçüm şeklinde hesaplanmıştır. Yani, bulgularda bahsedilen lineer ölçümler sadece birinci düzende, sadece ikinci düzende veya her iki düzende birden (klinik olarak birçok olguda olması beklenen budur) meydana gelen deformasyonu bildirmektedir. Lineer ölçümler örneklerin uç kısımlarında yer alan üç farklı noktadan ölçülmüştür. Bu noktalardaki farklı değerler, deformasyon merkezinden farklı uzaklıkta olmalarına ve deformasyonun her düzlemde meydana gelmesine bağlıdır. Ayrıca, Lineer Ölçüm A noktası pekiştirme telinin yerleşimi ile yaklaşık olarak aynı doğrultuda iken, Lineer Ölçüm B ve Lineer Ölçüm C noktaları telde oluşabilecek bir torsiyondan etkilenecek şekilde seçilmişlerdir.

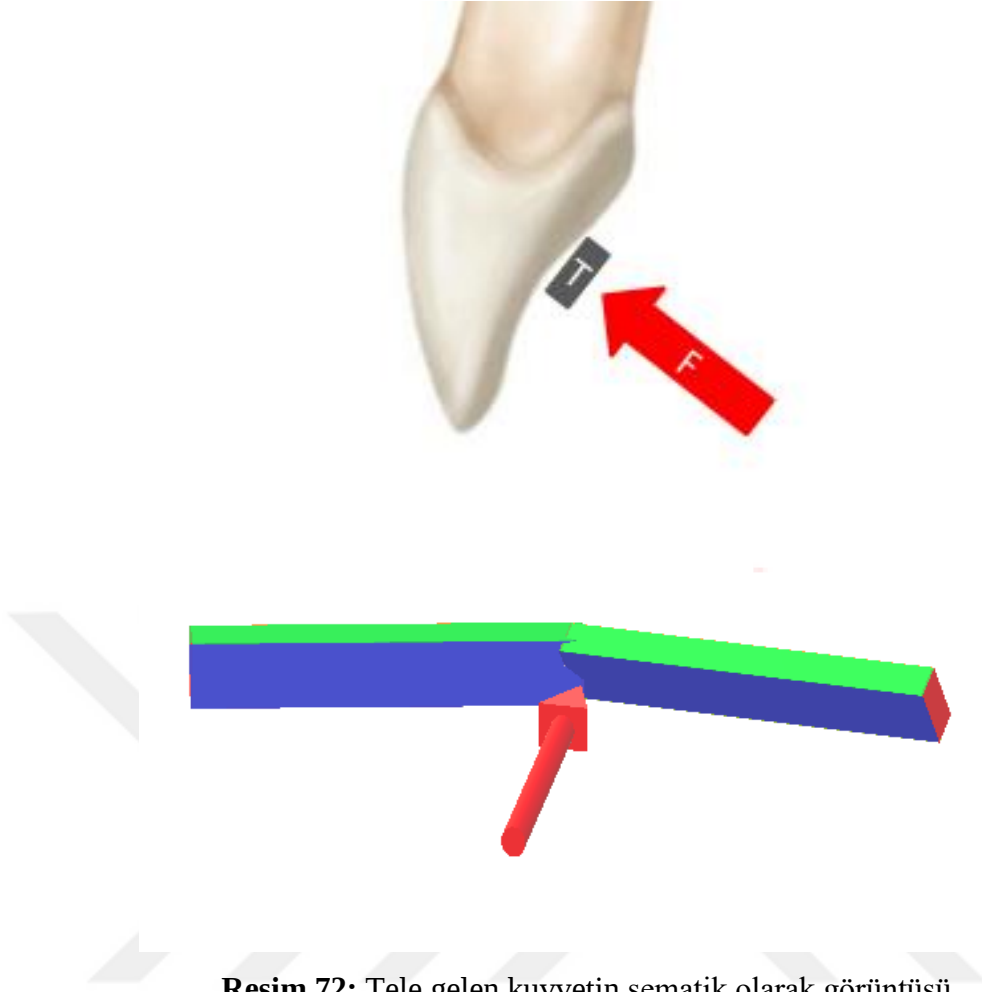
Üçüncü düzen hareketler ise açısal olarak hesaplanmıştır. Klinikte, köşeli bir ark teline verilen üçüncü düzen büküm sonucu arktaki deformasyon rahatlıkla gözlemlenebilmektedir. Bunu büküm verdiğimiz arkın saptadığı okluzal düzleme göre veya teldeki torsiyonu inceleyerek ortaya koymaktayız. Bunun için köşeli telin bir kesitinin, büküm noktasından önceki ve sonraki düzlemlerinin açılarını değerlendirmekteyiz. Ancak, üzerinde hâlihazırda birinci ve ikinci düzen bükümler bulunan, okluzal düzlem gibi bir referans noktası bulunmayan bir ark telindeki üçüncü düzen bükümü saptamak oldukça güçtür (Resim 71).



Resim 71: Deforme olmuş köşeli kesitli telin farklı yönlerden şematik olarak görüntüsü

Biz bu hesaplamayı yapmak adına, objelerimizin yüzeylerinde düzlemler oluşturmaya karar verdik. Objenin üzerindeki üç noktanın birleştirilmesi ile elde

edilen düzlem, dışın vestibül yüzünden geçen bir düzlem gibi düşünülebilir. Referans düzlemi ise telin doğrultusuna yaklaşık olarak dik şekilde oluşturulan bir düzlemde oluşturuldu. Sonrasında, objenin üzerinde oluşturulan düzlem ile referans düzleminin kesiştiği noktadan geçen doğru saptandı. Bu doğru, hem deformasyon öncesindeki konuma, hem de deformasyon sonrasındaki konuma göre ayrı ayrı, aynı düzlemde oluşturuldu. Daha sonra aynı referans düzlemi üzerinde oluşturulan bu doğrular arasındaki açı hesaplandı. Bu sayede telde meydana gelen birinci ve ikinci düzen bükümlerin meydana getirdiği açısal değerlerdeki değişimlerin ölçümümüzü minimum düzeyde etkilemesi sağlandı. Çalışmamızda bu ölçümü Açısal Ölçüm TORİK olarak ifade ettik. Bu açısal ölçüm dışında aynı teknik ile kuvvetin geliş açısında (Açısal Ölçüm F_d) ve kuvvetin geliş açısına dik (Açısal Ölçüm F_p) birer açı daha ölçüldü. Açısal Ölçüm F_d değerinin telde meydana gelen 1. düzen bir deformasyonu ortaya koyduğu, Açısal Ölçüm F_p değerinin ise telde meydana gelen 2. düzen deformasyonu ortaya koyduğu söylenebilir. Açısal Ölçüm F_d ve Açısal Ölçüm F_p değerleri kuvvetin uygulanış noktasına bağlı olarak değişmeyecektir. Kuvvet telin orta kısmına gelmese, aynı doğrultuda kalma şartıyla farklı bir noktaya gelse dahi, meydana getireceği açısal deformasyonun aynı olacağı veya pekiştirme telinin iç yapısına bağlı farklılıklardan kaynaklı olarak minör farklar oluşacağı varsayılabilir. Açısal ölçümler lineer ölçümlere kıyasla klinik olarak farklı durumların yorumlanmasını daha kolay ve mümkün kılabilir.



Resim 72: Tele gelen kuvvetin şematik olarak görüntüsü

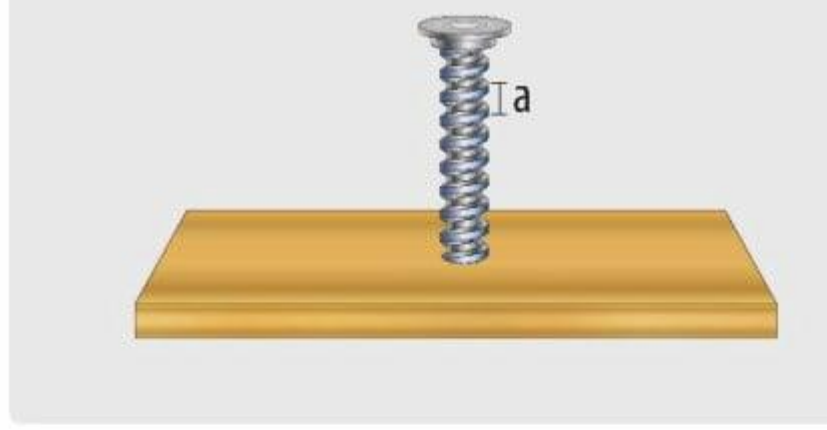
5.3. Bulguların Tartışılması

Literatüre bakıldığında, pekiştirme sürecinde kullanılan tellerin mekanik özelliklerinin ortaya konduğu çalışmaların oldukça az olduğu dikkat çekmektedir. (Katsaros, Livas, & Renkema, 2007) (Sifakakis, ve diğerleri, 2015) Bu nedenle, pekiştirme sürecinde meydana gelen beklenmedik komplikasyonların neden gerçekleştiği ile ilgili bir fikir birliğine varılamamıştır (Littlewood, Kandasamy, & Huang, 2017) (Shaughnessy, Proffit, & Samara, 2016). Çalışmamız sonucunda elde edilen bulgulara bakıldığında, en fazla deformasyonu bir FSW olan TF türündeki örnekler göstermiştir. TF tipindeki örnekler kuvvet uygulamasının ardından A, B ve C ölçümünde en fazla deformasyonu göstermiştir ve bu ölçümlere göre BaB tipindeki örnekler ile kıyaslandığında, aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcuttur ($p < 0.05$). Dead wire olarak sınıflandırılan BaB tipindeki örnekler en az deformasyonu göstermişlerdir. NiTi tipindeki örnekler ise, ikisinin arasında bir deformasyon göstermişlerdir. Bunun sebebinin Nitinol malzemenin normalde dead

wire tipinde olmaması, ancak tele fabrikasyon olarak dead wire tellerin özelliklerinin kazandırılmaya çalışılmış olması düşünülebilir. Açıkçası, NiTi tipi olan pekiştirme telimiz ne bir FSW gibi aktif kuvvet uygulayan, plastik deformasyona zor uğrayan bir teldir, ne de dead wire'lar kadar kolayca plastik deformasyona uğramaktadır. Burada FSW tipindeki tellerin plastik deformasyona zor uğramasından bahsedilmesine rağmen, bulgularımıza göre en çok deformasyon gösteren tel olmasına şaşırılmamalıdır. Bizim bulgularımız, deney düzeneğimiz gereği iki ucundan tutulan tellerin deformasyonu sonucu elde edilmiştir. Yani, normal şartlarda dead wire özelliklere sahip teller çok kolay deforme olabilirken, tel iki ucundan tutularak deforme edildikten sonra telin iki ucundan tutan düzenek onu bıraktığında, bu iki uç deforme edilen örnek dead wire bir tel olduğu için minimum düzeyde hareket etmiştir. Bu durum zaten dead wire tellerin karakteristik bir özelliğidir (Baysal, Uysal, Gul, Alan, & Ramoglu, 2012). Ayrıca, Fd ölçümümüze bakıldığında, yine TF ve BaB tipindeki teller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcuttur ($p < 0.05$). Bu ölçüm A, B ve C ölçümlerimizin açısal olarak bir ifadesi olarak düşünülebileceğinden şaşırtıcı değildir. Fd ölçümümüz kuvvetin geliş doğrultusundaki deformasyonu ortaya koymaktadır. Fp ölçümüne gelindiğinde ise, örneklem boyutumuzun gruplar arası karşılaştırma yapmak için yetersiz olduğu dikkat çekmektedir (Observed Power=0.274). Fp ölçümü kuvvetin geliş yönüne dik doğrultudaki hareketi değerlendirmektedir. Elde edilen bulguların, metot hatası da göz önünde bulundurulduğunda, klinik olarak literatürde bahsedilen komplikasyonları oluşturma olasılığı olmadığı düşünüldüğü için, Fp ölçümünün bulguları klinik olarak anlamsız görülmüştür. TORQ ölçümünün gruplar arasında karşılaştırılması için de örneklem boyutu yetersiz bulunmuştur (Observed Power=0.224). TORQ ölçümü bulguları değerlendirildiğinde ve metot hatalarımız göz önünde bulundurulduğunda, örneklerde klinik olarak görülen komplikasyonları gerçekleştirebilecek bir deformasyon olmadığı dikkat çekmektedir. Kucera ve ark. tarafından yapılan çalışmaya bakıldığında, bu beklenmedik komplikasyonlara vakaların %1.1'inde karşılaşıldığı bildirilmiştir (Kucera, Streblov, & Hanzelka, 2016). Renkama ve ark. ise bu tip komplikasyonların %2,7 ile %5 arasında oluşabileceğini bildirilmiştir (Renkema, Renkema, Bronkhorst, & Katsaros, 2011) Bahsedilen komplikasyonlar en sık twist etkisi ve ardından X-effect şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Kucera ve ark. tarafından yapılan çalışmada twist etkisi görülen vakaların %89'unda sol kanin dişin bukkale doğru devrildiği gözlenmiştir

(Kučera & Marek, 2016). Bahsedilen bu twist etkisi ile bizim bulgularımızın ilişkisi olduğu düşünülebilir. Zira, deforme olan tel, dişin kronundan kontrolsüz bir devrilme meydana getirebilecek şekilde kuvvet uygulayacaktır. Bu kontrolsüz devrilme sonucu pekiştirme telinin en uç kısmında yer alan kanin dişlerin tork alması beklenebilir (Arnold, Dalstra, & Verna, 2016) (Sifakakis, ve diğerleri, 2011). Ancak, vakaların %89'unda sol kanin dişin bukkale devrilmesini bulgularımız açıklayamamaktadır. Ayrıca, X-etkisi sonucu kontakt halindeki iki keser dişin de tork değerlerinde bu derecede bir farka sahip olması sadece elde ettiğimiz bulgular ışığında açıklanamamaktadır. Bulgularımız ışığında, belirgin biçimde, tellerdeki deformasyonun dişlere beklenmedik yönlerde kuvvet uygulaması ve beklenmedik diş hareketlerinin meydana gelmesinin mümkün olduğu saptanmıştır ancak, pekiştirme tellerinin diğer yapısal özelliklerini de ortaya koyan çalışmaların yapılmasının gerekliliği dikkat çekmektedir. TORQ bulgularının klinik olarak anlamsız olması bize karşılaştığımız bu klinik tablonun sebeplerini düşündürmüştür. Çalışmaya başladığımızda iki ucundan retansiyon bükümleri ile tuttuğumuz FSW tellerinin, kuvvet uygulandığında esnemek için sarmallarının açılabilceğini (geri burulma etkisi - untwisting effect) ve buna bağlı olarak dişlere tork uygulayabileceğini düşünmüştük. Bu durum literatürde de bildirilmiştir (Kim & Baek, 2020). Ancak, TORQ ölçümümüzün bulguları değerlendirildiğinde, bu tip bir deformasyonun gözlenmediği dikkat çekmektedir. Bu noktada, bu tork etkisinin sebebinin yine tellerin sarım yönü ile alakalı olabileceği ve literatürde bildirilen vakaların fotoğrafları incelendiğinde tellerde retansiyon bükümleri yapılmadığı dikkat çekmektedir (Katsaros, Livas, & Renkema, 2007) (Kučera & Marek, 2016) (Renkema, Renkema, Bronkhorst, & Katsaros, 2011) (Kucera ve diğerleri, 2016). Bahsedilen tüm olgularda çok sarımlı teller kullanılmıştır (Resim 74, 75, 76). Bu tellerin sarım yönlerinin aynı olduğu dikkat çekmektedir. İki ucunda retansiyon bükümleri olmayan bir tel, kuvvet uygulandığında kompozit içerisinden kayıp gidecektir (Baysal, Uysal, Gul, Alan, & Ramoglu, 2012). Bu kayma sonucu diş yüzeyinde telin şeklini almış olan kompozit blok, aynı bir vida üzerinde kaymış gibi telin farklı bir noktasından teli tutacaktır. Bunu daha net açıklayabilmek için vidalar ve vidaların uygulanış prensiplerinden kısaca bahsetmek gerekecektir. Resim 73'te görüldüğü üzere vidanın yüzeye saplanma miktarı (h), vida adımı (a) ve vidanın dönüş sayısına (n) bağlıdır. Bu $h=a.n$ formülüne göre h telin kayma miktarı, a spiral telin yüzey yapısının meydana getirdiği vida adımı ve n ise telin alacağı tork

miktarını ifade edecektir. Örneğin n değerinin 1 olması dişin 360 derece tork alabileceğini, 0,1 olması ise 36 derecelik bir tork alabileceğini ifade etmektedir. Dolayısıyla spiral yapıdaki telin a değerine ve telin kayma miktarına bağlı olarak dişin alabileceği tork değeri değişmektedir.



h = Vidanın yüzeye saplanma miktarı

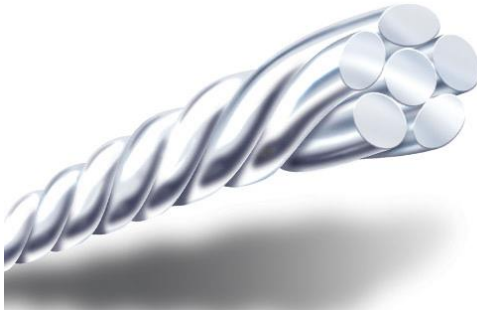
a = Vida adımı

n = Vidanın dönüş sayısı



$$h = a \cdot n$$

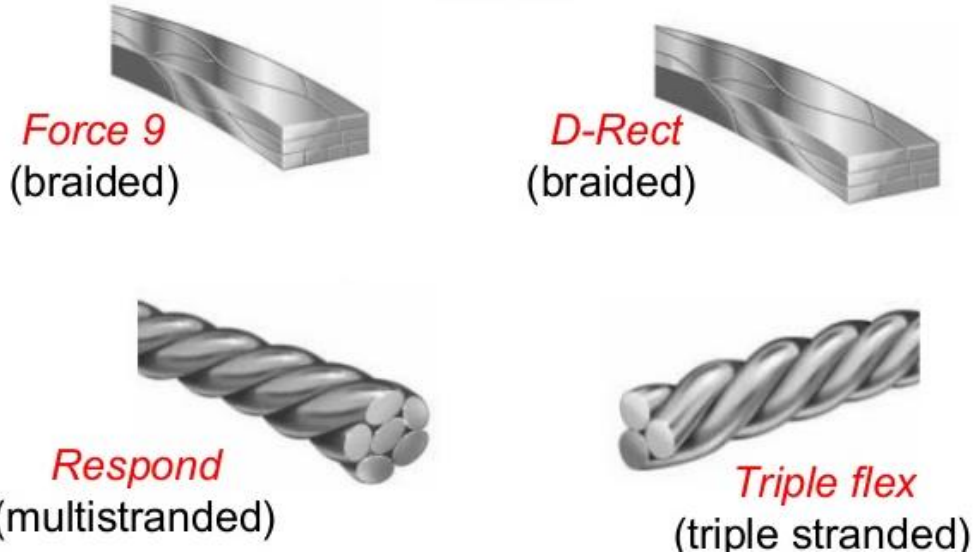
Resim 73: Vidanın uygulanış prensibi



Resim 74: 6 strand coax



Twist flex



Resim 75: Respond ve Triple Flex

Bahsedilen bu vida etkisi prensibi sadece bir teori olup, ileri çalışmalar ile incelenmelidir. Bu teoriyi literatürde de ileriye sürenler bulunmaktadır (Roussarie & Douady, 2018). Unutmamak gerekir ki, aynı tel üzerinde meydana gelen geri burulma etkisi ile telin kompozit içerisinde kayıp kompozit içerisinde kalan kısmının azalması sonucu meydana gelen tork hareketi birbirinin zıttı yönünde olacaktır. Bizim çalışmamızda FSW olarak sadece TF teli kullanılmıştır. Başka çok sarımlı tel tiplerinde daha farklı sonuçlar ortaya çıkabilir. Ayrıca, kuvvetin geliş doğrultusuna ve uygulanış sıklığına bağlı olarak meydana gelen deformasyonlar, dişlere farklı düzlemlerde de kuvvet uygulayabilir. Bizim çalışmamızda sadece kuvvet etkisi sonucu sabit pekiştirme tellerinde meydana gelen deformasyonlar değerlendirilmiştir. Bunun dışında zamanla diğer çevresel faktörler de tellerde çeşitli deformasyonlara ve buna bağlı çeşitli komplikasyonlara sebebiyet verebilirler.

Bulgularımız genel olarak değerlendirildiğinde, dead wire tipindeki tellerin beklenmedik komplikasyonlara sebebiyet verme olasılığının daha düşük olduğu ifade edilebilir. Ayrıca, köşeli kesitli tellerin fiziksel yapıları değerlendirildiğinde çalışmamıza göre daha güvenli bir pekiştirme malzemesi olduğu söylenebilir. Çalışmamızda bu tellerin kompozit içerisinde kaymasını engellemek için retansiyon bükümleri yapıldığı göz önünde bulundurulmalıdır. Klinik olarak pekiştirme tellerinin yaklaşık %10-53'ünde yapıştırma problemleri veya telin kırılması sonucu başarısızlıkla karşılaşılmıştır (Kim & Baek, 2020). Özetle, pekiştirme teli seçiminde dikkat edilmesi gereken daha başka hususlar da mevcuttur.

BÖLÜM VI

6. Sonuç ve Öneriler

Üç farklı tipte pekiştirme telinin kıyaslandığı, toplam 25 örnek ile yürütülen çalışmamızda, örnekler özel geliştirilmiş bir düzenek üzerinde Universal test cihazı ile deforme edilmiştir. Meydana gelen deformasyon, örneklerin deformasyon öncesi ve sonrasında yapılan taramaların karşılaştırılması sonucu üç adet lineer ve üç adet açısal ölçüm ile saptanmıştır.

- Dead soft bir pekiştirme teli olan BaB en az deformasyonu göstermiştir. TF ile kıyaslandığında A,B,C Ölçümlerine göre, ayrıca Fd Ölçümüne göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcuttur ($p<0.05$).
- TORQ ölçümüne göre örnekler arasındaki farklar, metot hatası da göz önünde bulundurulduğunda, klinik olarak karşılaşılan komplikasyonları açıklamaya yeterli değildir.
- Literatürde bahsedilen geri burulma (“untwisting”) etkisinin, bizim düzeneğimizde deforme edilen TF tipindeki telde oluşmadığı gözlenmiştir. Bu durum başka FSW tipindeki teller üzerinde yapılan çalışmalar ile yeniden değerlendirilmelidir.
- Fp ölçümüne göre örnekler arasındaki farklar, metot hatası da göz önünde bulundurulduğunda, istatistiksel olarak değerlendirmek için yeterli değildir. Bu durum kuvvetin doğrultusu göz önüne alındığında beklenen bir durumdur.
- Pekiştirme aşamasında kullanılan sabit pekiştirme tellerinin fiziksel özelliklerinin, oluşabilecek komplikasyonlar üzerinde etkisi olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.
- Dead soft özelliklere sahip pekiştirme tellerinin, olası bir deformasyon sonucu beklenmedik komplikasyonlar meydana getirme olasılığı daha düşük görünmektedir.

- Yuvarlak kesitli çok sarımlı tellerin deformasyonları sonucu dişlerin tork alabileceğine dair çeşitli görüşler vardır. Bu noktada tezimizde bahsettiğimiz vida etkisinin oluşup oluşmadığının değerlendirilmesinde fayda vardır.

Sonuç olarak, sabit retainerların deformasyonuna bağlı istenmeyen diş hareketlerinin gözlenmemesi adına, sabit retainer tellerinin dead soft özellik göstermesi, kesitlerinin köşeli olması, uçlarına retansiyon bükümleri yapılması, tellerin kumlama ve kimyasallar (metal enhancer) ile yapıştırıcıya daha kuvvetli yapışması için işlemler yapılması önerilebilir. Tüm bu öneriler uygulansa dahi, uzun dönem, hatta bazı vakalarda ömür boyu pekiştirme ihtiyacı da göz önünde bulundurulduğunda, sabit pekiştirme apareylerinde meydana gelebilecek deformasyonlar sonucu istenmeyen diş hareketlerinin oluşabileceği unutulmamalı ve hastalar bu konuda bilgilendirilmelidir.

BÖLÜM VII

7. Kaynaklar

- Arnold, D. T., Dalstra, M. & Verna, C. (2016). Torque resistance of different stainless steel wires commonly used for fixed retainers in orthodontics. *Journal of Orthodontics*, 43(2), 121–129.
- Alobeid, A., Dirk, C., Reimann, S., El-Bialy, T., Jäger, A. & Bourauel, C. (2017). Mechanische Eigenschaften verschiedener ästhetischer und konventioneller kieferorthopädischer Drähte in Biegeversuchen: Eine In-vitro-Untersuchung. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 78(3), 241-252.
- Baysal, A., Uysal, T., Gul, N., Alan, M. & Ramoglu, S. (2012). Comparison of three different orthodontic wires for bonded lingual retainer fabrication. *Korean Journal of Orthodontics*, 42(1), 39-46.
- Gunay, F. & Oz, A. (2018). Clinical effectiveness of 2 orthodontic retainer wires on mandibular arch retention. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 153(2), 232-238.
- Heier, E., De Smit, A., Wijgaerts, I. & Adriaens, P. (1997). *Periodontal implications of bonded versus removable retainers*.
- Jin, C., Bennani, F., Gray, A., Farella, M. & Mei, L. (2018). Survival analysis of orthodontic retainers. *European Journal of Orthodontics*, 40(5), 531-536.
- Katsaros, C., Livas, C. & Renkema, A. (2007). Unexpected complications of bonded mandibular lingual retainers. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 132(6), 838-841.
- Kihara, H., Hatakeyama, W., Komine, F., Takafuji, K., Takahashi, T., Yokota, J., . . . Kondo, H. (2019). Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *Journal of Prosthodontic Research*. Elsevier Ltd.
- Kiliaridis, S., Johansson, A., Haraldson, T., Omar, R. & Carlsson, G. (1995). Craniofacial morphology, occlusal traits, and bite force in persons with advanced occlusal tooth wear. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 107(3), 286-292.
- Krämer, A., Sjöström, M., Hallman, M. & Feldmann, I. (2019). Vacuum-formed retainer versus bonded retainer for dental stabilization in the mandible—a

- randomized controlled trial. Part I: retentive capacity 6 and 18 months after orthodontic treatment. *European Journal of Orthodontics*.
- Kučera, J. & Marek, I. (2016). Unexpected complications associated with mandibular fixed retainers: A retrospective study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 149(2), 202-211.
- Kucera, J., Streblov, J. & Hanzelka, T. (2016). *Treatment of Complications Associated with Lower Fixed Retainers*.
- Kim, T.-K. & Baek, S.-H. (2020). Lingual bonded retainers: A case series of complications and resolutions. *APOS Trends in Orthodontics*, 10, 3–11.
- Kucera, J., Streblov, J. & Hanzelka, T. (2016). *Treatment of Complications Associated with Lower Fixed Retainers*.
- Littlewood, S., Kandasamy, S. & Huang, G. (2017). Retention and relapse in clinical practice. *Australian Dental Journal*, 62, 51-57.
- Littlewood, S., Millett, D., Doubleday, B., Bearn, D. & Worthington, H. (2016). Retention procedures for stabilising tooth position after treatment with orthodontic braces. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2016(1). John Wiley and Sons Ltd.
- Lombardo, L., Carlucci, A., Palone, M., Mollica, F. & Siciliani, G. (2016). Stiffness comparison of mushroom and straight SS and TMA lingual archwires. *Progress in Orthodontics*, 17(1).
- Milheiro, A., Jager, N., Feilzer, A. & Kleverlaan, C. (2015). In vitro debonding of orthodontic retainers analyzed with finite element analysis. *European Journal of Orthodontics*, 37(5), 491-496.
- Mutwalli, H., Braian, M., Mahmood, D. & Larsson, C. (2018). Trueness and Precision of Three-Dimensional Digitizing Intraoral Devices. *International Journal of Dentistry*, 2018, 1-10.
- Nowak, R., Wesemann, C., Robben, J., Muallah, J. & Bumann, A. (2017). An in-vitro study comparing the accuracy of full-arch casts digitized with desktop scanners. *Quintessence International*, 48(8), 667–676.
- Regalo, S. C. H., Santos, C. M., Vitti, M., Regalo, C. A., de Vasconcelos, P. B., Mestriner, W., ... Siéssere, S. (2008). Evaluation of molar and incisor bite force in indigenous compared with white population in Brazil. *Archives of Oral Biology*, 53(3), 282–286.

- Roussarie, F. & Douady, G. (2016). A side-effect of bonded retention wires: the “wire syndrome”: part 1 . *Journal of Dentofacial Anomalies and Orthodontics*, 19(1), 106.
- Roussarie, F. & Douady, G. (2018). Unwanted tooth movement produced by the bonded retention wire : the “wire syndrome,” observations, theories, clinical consequences : second part. *Journal of Dentofacial Anomalies and Orthodontics*, 21(4), 503.
- Parshan, M., Ravindra, K. & Jain, K. (2014). *A Review on Flexible Spiral Wire Retainer. Journal of Dental and Medical Sciences*, Ver. VIII.
- Patcas, R. & Pedroli, G. (2012). A bonding technique for fixed maxillary retainers. *Journal of Orthodontics*, 39(4), 317-322.
- Pazera, P., Fudalej, P. & Katsaros, C. (2012). Severe complication of a bonded mandibular lingual retainer. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 142(3), 406-409.
- Renkema, A., Renkema, A., Bronkhorst, E. & Katsaros, C. (2011). Long-term effectiveness of canine-to-canine bonded flexible spiral wire lingual retainers. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 139(5), 614-621.
- Renne, W., Ludlow, M., Fryml, J., Schurch, Z., Mennito, A., Kessler, R. & Lauer, A. (2017). Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(1), 36-42.
- Schütz-Fransson, U., Lindsten, R., Bjerklin, K. & Bondemark, L. (2017). Twelve-year follow-up of mandibular incisor stability: Comparison between two bonded lingual orthodontic retainers. *Angle Orthodontist*, 87(2), 200–208.
- Sifakakis, I., Eliades, T. & Bourauel, C. (2015). Residual stress analysis of fixed retainer wires after in vitro loading: Can mastication-induced stresses produce an unfavorable effect? *Biomedizinische Technik*, 60(6), 617–622.
- Sun, L. J., Lee, J. S., Choo, H. H., Hwang, H. S. & Lee, K. M. (2018). Reproducibility of an intraoral scanner: A comparison between in-vivo and ex-vivo scans. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 154(2), 305–310.

- Saito, Y., Tanoi, A., Motegi, E. & Sueishi, K. (2019). Change in Anterior Crowding over 20 Years from Third Decade of Life in Untreated Angle Class I Crowding. *The Bulletin of Tokyo Dental College*, 60(3), 163-176.
- Sernetz, F. (2005). Normung kieferorthopädischer Produkte - Macht das Sinn? *Journal of Orofacial Orthopedics*, 66(4), 307-318.
- Shaughnessy, T., Proffit, W. & Samara, S. (2016). Inadvertent tooth movement with fixed lingual retainers. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 149(2), 277-286.
- Sifakakis, I., Eliades, T. & Bourauel, C. (2015). Residual stress analysis of fixed retainer wires after in vitro loading: Can mastication-induced stresses produce an unfavorable effect? *Biomedizinische Technik*, 60(6), 617-622.
- Sifakakis, I., Pandis, N., Eliades, T., Makou, M., Katsaros, C. & Bourauel, C. (2011). In-vitro assessment of the forces generated by lingual fixed retainers. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 139(1), 44-48.
- Ülgen, M. (1993). Ortodontik tel bükümleri. *Ortodontik Tedavi Prensipleri* (s. 343-345). Ankara. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları
- Varga, S., Spalj, S., Lapter Varga, M., Anic Milosevic, S., Mestrovic, S. & Slaj, M. (2011). Maximum voluntary molar bite force in subjects with normal occlusion.
- Washington, B., Evans, C., Viana, G., Bedran-Russo, A. & Megremis, S. (2015, 1 1). Contemporary esthetic nickel-titanium wires: Do they deliver the same forces? *Angle Orthodontist*, 85(1), 95-101.
- Will, L. (2015). Orthodontic Tooth Movement: A Historic Prospective. *Frontiers of Oral Biology*, 18, 46-55. S. Karger AG.
- European Journal of Orthodontics*, 33(4), 427–433.
- Zachrisson, B. U. (2015). Multistranded wire bonded retainers: From start to success. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 148(5), 724–727.
- Zachrisson, B. (1991). Long-term experience with direct-bonded lingual retainers. *JCO* .
- Zarif Najafi, H. & Gavareshki, S. R. (2019). Evaluating the effect of clinical usage and autoclave sterilization on the load deflection properties of three different orthodontic wires: Ex-vivo study. *International Orthodontics*, 17(3), 469–477.

TEŞEKKÜR

Hem doktora eğitimim boyunca, hem de tez aşamamda desteğini hiç esirgemeyen, her daim güler yüzü ve yapıcı yaklaşımıyla bana yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Tevfik Hakan Bulut'a,

Bilimsel bakış açısıyla tezim süresince beni hep doğruya ve daha iyiye yönlendiren, laboratuvar aşamasında bir an olsun beni yalnız bırakmayan ve çok emek veren Prof. Dr. Tijen Pamir'e,

Hem klinikte, hem tezim süresince her başım sıkıştığında yardımına koşan, bir ağabey gibi her zaman bana bir şeyler öğreten Doç. Dr. Furkan Dindaroğlu'na,

Kendimi her zaman bir ailenin içinde hissettiren, üzerimde çok emekleri olan Ege Üniversitesi Ortodonti Anabilim Dalı öğretim üyeleri; Prof. Dr. Erdal Işıksal'a, Prof. Dr. Servet Doğan'a, Prof. Dr. Ali Vehbi Tuncer'e, Prof. Dr. Alev Çınsar'a, Prof. Dr. Özlem Seçkin'e, Prof. Dr. Aynur Aras'a, Prof. Dr. Münire Ece Sabah'a, Prof. Dr. Aslıhan Mediha Erdinç'e, Prof. Dr. Gökhan Önçağ'a, Prof. Dr. Banu Dinçer'e ve hep örnek aldığım Doç. Dr. Enver Yetkiner'e,

Tezimin istatistik hesaplarının yapılmasını sağlayan Doç. Dr. Timur Köse'ye,

Saatlerce emek verip deney düzeneğimin geliştirilmesini sağlayan Ali Savca'ya,

Bu süreci unutulmaz kılan, hayat boyu gülümseyerek anmamı sağlayacak olan çok kıymetli asistan arkadaşlarıma ve kardeşim gibi gördüğüm kıymetli dostlarıma,

Hayattaki en büyük şansım olan aileme, özellikle hem hayatla ilgili, hem de mesleki olarak bana çok şey öğreten, beni eğiten, büyüten meslektaşlarım, kıymetli annem Alev Atagün'e ve kıymetli babam Çınar Atagün'e,

Doktora eğitimim süresince beni gülümseten, hayatımı daha güzel kılan, ne zaman disiplinli bir şekilde çalışmam gerekse benim yanımda olup, beni motive eden Elif Tortop'a desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

İlköğrenimimi 2006 yılında Milli Eğitim Vakfı Özel İzmir İlköğretim okulunda, lise eğitimimi ise Özel İzmir Amerikan Kolejinde 2010 yılında tamamladım. Aynı yıl Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesini kazandım. 2015 yılında fakültemden mezun oldum ve aynı yıl Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalında doktora eğitimime başladım.

