



T.C.

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ortodonti Ana Bilim Dalı

**FARKLI METOTLARLA YAPILAN ARAYÜZ
MİNE AŞINDIRMALARINDA UYGULAMA
BAŞARISINA ÇAPRAŞIKLIĞIN ETKİSİNİN 3B
TARAYICILAR ARACILIĞIYLA İN VİTRO
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Selenay KÖSE

Doktora Tezi

Danışman

Prof. Dr. Sabri İlhan RAMOĞLU

İstanbul, 2024

**FARKLI METOTLARLA YAPILAN ARAYÜZ MİNE
AŞINDIRMALARINDA UYGULAMA BAŞARISINA
ÇAPRAŞIKLIĞIN ETKİSİNİN 3B TARAYICILAR ARACILIĞIYLA
İN VİTRO DEĞERLENDİRİLMESİ**

Selenay KÖSE

Ortodonti Ana Bilim Dalı

Doktora Tezi

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ
2024

“Selenay KÖSE” tarafından hazırlanmış ve 11.07.24 tarihinde sunulmuş “FARKLI METOTLARLA YAPILAN ARAYÜZ MİNE AŞINDIRMALARINDA UYGULAMA BAŞARISINA ÇAPRAŞIKLIĞIN ETKİSİNİN 3B TARAYICILAR ARACILIĞIYLA İN VİTRO DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez Ortodonti Ana Bilim Dalında Doktora Tezi olarak **oy birliği** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sabri İlhan RAMOĞLU

Danışman

Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Sabri İlhan RAMOĞLU	Klinik Bilimler Bölümü, Altınbaş Üniversitesi	_____
Prof. Dr. Korkmaz SAYINSU	Klinik Bilimler Bölümü, Altınbaş Üniversitesi	_____
Prof. Dr. Burçin BÜYÜKÜNALDI	Klinik Bilimler Bölümü, Altınbaş Üniversitesi	_____
Prof. Dr. Fulya ÖZDEMİR	Klinik Bilimler Bölümü, İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi	_____
Prof. Dr. Derya ÇAKAN	Klinik Bilimler Bölümü, Yeditepe Üniversitesi	_____

Bu tezin doktora tezi olarak bütün şartları sağladığını beyan ederim.

Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışlara uygun olarak edinildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde, bu çalışmada, orijinal olmayan tüm materyalleri ve sonuçları tamamen alıntı yaptığımı ve referans gösterdiğimi de beyan ederim.

Selenay KÖSE

İmzası

X

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tezim süresince desteklerini esirgemeyen, ortodontik düşünme yolunda bana çok şey öğreten danışmanım sayın Prof. Dr. Sabri İlhan Ramoğlu'na, zorlu doktora yolunda yıllarca biriktirdiği bilgilerini ve deneyimlerini esirgemediği biz öğrencileriyle paylaşan Prof. Dr. Korkmaz Sayınsu'ya, ortodonti öğretimde bilgilerini paylaşmakla kalmayıp manen de desteğini hissettiğim Dr. Öğr. Üyesi Pelin Acar Ulutaş'a sonsuz minnetlerimi sunarım. Disiplini, etiği, mesleki bilgisiyle doktora sürecimin ilk yılında bana farklı pencereler açan sayın Doç. Dr. Seden Akan Bayhan'a teşekkür ederim.

Bu yola başlamamda beni cesaretlendiren ve gerek akademik gerek bir abla olarak her daim beni destekleyen Doç. Dr. Özge Özdal Zincir'e ve ortodonti yolculuğumun daha en başındayken benimle içindeki bitmeyen ortodonti heyecanını ve merakını paylaşan sevgili Dr. Razmik Ramiz Nahçıvan'a üzerimdeki emekleri için teşekkür ederim.

Her birinden yeni şeyler öğrendiğim ve öğrenmeye devam ettiğim sevgili meslektaşlarım asistan arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkür ederim. Doktora sürecimin en büyük ortakları Eda Soylu Özkan, Levent Bol, Şeyma Elişen ve Elif Coşkuner Uysal, sizlerle omuz omuza olduğum için çok şanslıyım.

Hayatımda oldukları için şanslı hissettiğim gönülden yanımda olan canım dostlarıma,

Kalbinde yer edinmekten övünç duyduğum, derdimi, sevincimi koşulsuz paylaşabildiğim meslektaşım ve hayat arkadaşım Dt. Mehmet Enes Altın'a,

Tüm hayatım boyunca sevgilerini kalbimde hissettiğim, hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, her daim gurur duyduğum, doktora sürecimin ve hayatımın en büyük destekçileri canım aileme tüm kalbimle minnettarım.

ÖNSÖZ

Bu tez, Altınbaş Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Dairesi Başkanlığı tarafından TEZP2023-3 numaralı proje ile desteklenmiştir.



ÖZET

FARKLI METOTLARLA YAPILAN ARAYÜZ MİNE AŞINDIRMALARINDA UYGULAMA BAŞARISINA ÇAPRAŞIKLIĞIN ETKİSİNİN 3B TARAYICILAR ARACILIĞIYLA İN VİTRO DEĞERLENDİRİLMESİ

KÖSE, Selenay

Doktora, Ortodonti Ana Bilim Dalı, Altınbaş Üniversitesi

Danışman: Prof. Dr. Sabri İlhan RAMOĞLU

Tarih: 07/2024

Sayfa: 83

AMAÇ: Çapraşıklığın mine arayüz aşındırma uygulama başarısına etkisinin üç boyutlu (3B) tarayıcı aracılığıyla tespiti amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM: Bu çalışmada iki farklı aşındırma miktarında (0,3 mm ve 0,5 mm) aşındırılmak üzere 264 termoplastik mandibular keser diş (Frasaco GmbH, Tettnang, Almanya), aşındırma materyali özelliklerine göre yirmi dört alt gruba ayrılmıştır. Tek ve çift taraflı olmak üzere elmas disk, manuel abrazyivler, motor destekli abrazyivler aşındırma uygulamalarında kullanılmıştır. Termoplastik dişler aşındırma öncesi ve sonrası 3B tarayıcı aracılığıyla taranarak kaydedilmiştir. Kaydedilen 3B modeller Geomagic Kontrol X (3D Systems, Amerika Birleşik Devletleri) programı üzerinde karşılaştırılarak 3B karşılaştırma analiz verileri aracılığıyla hedeflenen aşındırmaya ulaşma miktarı, aşınma miktarı ve tepe noktası bölgesi, hata miktarı ve tepe noktası bölgesi, çapraşık dişlerde yapılan aşındırmada bukkale taşıma miktarı verileri her diş için raporlanmıştır.

BULGULAR: Materyale göre hedeflenene ulaşma miktarları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$). Yerleşime göre hedeflenene ulaşma miktarları çapraşık dişlerde yüksek olarak istatistiksel anlamlı farklılık göstermektedir ($p=0,001$; $p<0,01$). Hata miktarı ile aşındırma miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p>0,05$). Yöne göre hata miktarları çift yönlü apareylerde istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Materyale göre bukkale taşıma miktarı

manuel abraziv materyalinin bukkale taşıma miktarının, elmas Disk ve motor destekli abraziv materyallerinden yüksek olması anlamlı bulunmuştur. Diğer materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,01$). Çapraşık dişlerde; yöne göre bukkale taşıma miktarı tek taraflı materyallerde daha yüksek bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Çapraşık dişlerde motor destekli abraziv materyalinde; yöne göre bukkale taşıma miktarı tek taraflı olanlarda daha yüksek bulunmuştur ($p=0,001$; $p<0,01$). Elmas disk ve manuel abrazivlerde yöne göre bukkale taşıma miktarı yöne göre anlamlı farklılık göstermemiştir. Yerleşime göre aşınma tepe bölgesi sıralı dişlerde %92,43 oranında, çapraşık dişlerde %87,11 oranında orta bölgede konumlanmıştır. Hedeflenen miktara göre aşınma tepe bölgesi 0,3 mm hedeflenen dişlerde %86,37; 0,5 mm hedeflenenlerde %93,19 oranında orta bölgededir. Sıralı dişlerde hata tepe noktası %100; çapraşık dişlerde %94,85 oranında orta bölgededir. Hata tepe bölgesi çapraşık dişlerde %5,15 oranında lingualde konumlanmıştır.

SONUÇ: Çapraşıklık mine arayüz aşındırmasında hedeflenen miktara ulaşımı arttırmakta ancak aşınma bölgesini çapraşık dişlerinin pozisyonuna göre idealden uzaklaştırmaktadır. Çapraşık dişlerde yapılan aşındırmalarda çift taraflı aşındırma materyali kullanımı hata miktarını arttırmaktadır. Aşındırma etkinliğinde materyaller arası bir üstünlük yoktur ancak kullanılan materyalin cinsine ve tek taraflı olup olmadığına bağlı olarak çapraşık dişlerde uygulanan aşındırmanın bukkale taşıma miktarı değişmektedir.

Anahtar Kelimeler: Arayüz Aşındırması, 3B Tarayıcılar, Geomagic Kontrol X, Abrazivler, Elmas Disk.

ABSTRACT

IN VITRO EVALUATION OF THE EFFECT OF CROWDING ON THE APPLICATION SUCCESS IN INTERPROXIMAL ENAMEL REDUCTION CARRIED OUT WITH DIFFERENT METHODS THROUGH 3D SCANNERS

KÖSE, Selenay

Ph.D., Orthodontics Department, Altınbaş University

Supervisor: Prof. Dr. Sabri İlhan RAMOĞLU

Date: 07/2024

Page: 83

OBJECTIVE: It was aimed to determine the effect of crowding on the success of interproximal enamel reduction (IPR) using a three-dimensional (3D) scanner.

MATERIALS AND METHODS: In this study, 264 thermoplastic mandibular incisors (Frasaco GmbH, Tettang, Germany) were divided into twenty-four subgroups according to the abrasive material properties, to be abraded at two different abrasion amounts (0.3 mm and 0.5 mm). Single and double-sided diamond discs, manual abrasives, and motor-assisted abrasives have been used in abrasion applications. Thermoplastic teeth were scanned and recorded using a 3D scanner before and after IPR. The recorded 3D models were superimposed on the Geomagic Control X.

RESULTS: The amount of achieving the planned IPR does not show a statistically significant difference depending on the material ($p>0.05$). The amount of reaching the planned IPR according to the placement shows a statistically significant difference, which is higher in crowded teeth ($p=0.001$; $p<0.01$). No statistically significant relationship was found between the amount of error and the amount of IPR ($p>0.05$). Error amounts according to one-sided/double-sided were found to be statistically significantly higher in double-sided appliances ($p=0.001$; $p<0.01$). According to the material, it was found significant that the amount of buccal overflow of manual abrasive material was higher than that of diamond disc and motor-assisted abrasive materials. There was no statistically significant difference

between other materials ($p>0.01$). In crowded teeth; depending on the sides, the amount of buccal overflow was found to be higher in one-sided materials ($p=0.001$; $p<0.01$). Motor-assisted abrasive material for crowded teeth; depending on the direction, the amount of buccal overflow was found to be higher in one-sided materials ($p=0.001$; $p<0.01$). The amount of buccal overflow did not differ significantly depending on the sides in diamond disc and manual abrasives. According to the placement, the top reduction area is located in the middle region with a rate of 92.43% in aligned teeth and 87.11% in crowded teeth. According to the planned IPR amount, 86.37% of the teeth with a reduction peak area of 0.3 mm; For those planned IPR 0.5 mm, 93.19% of the time it is in the middle region. Error peak for aligned teeth is 100%; In crowded teeth, 94.85% of the time it is in the middle region. The error peak area is located lingually in 5.15% of crowded teeth.

CONCLUSION: Crowding increases the rate of achieving the targeted amount of IPR, but it moves the reduction area away from the ideal depending on the position of the crowded teeth. The use of double-sided abrasive material in IPR on crowded teeth increases the amount of error. There is no superiority between materials in IPR effectiveness, but the amount of IPR applied to crowded teeth varies depending on the type of material used and whether it is one-sided or not.

Keywords: Interproximal Enamel Reduction (IPR), 3D Scanners, Geomagic Control X, Abrasives, Diamond Disc.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TABLO LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiv
KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ VE GENEL BİLGİLER	1
1.1 ARAYÜZ AŞINDIRMASI VE ORTODONTİ İLE İLİŞKİSİ	2
1.2 İNTRAORAL TARAYICILAR VE 3B MODELLEME	10
1.2.2 Modelleme	13
1.2.3 3 Boyutlu Karşılaştırma	14
2. MATERYAL METOT	17
2.1 ÖRNEKLEM BÜYÜKLÜĞÜ	17
2.2 DENEY ARAÇLARININ HAZIRLANMASI	17
2.3 BAŞLANGIÇ TARAMALARININ ALINMASI.....	22
2.4 AŞINDIRMA UYGULANMASI	23
2.5 AŞINDIRMA SONRASI TARAMALARIN ALINMASI	27
2.6 GEOMAGİC KONTROL X İLE REFERANS MODEL OLUŞTURMA VE ÇAKIŞTIRMA.....	28
2.7 İSTATİSTİKSEL İNCELEMELER.....	36
3. BULGULAR	37
3.1 HEDEFLENENE ULAŞMA BULGULARI	37
3.2 HATA MİKTARI BULGULARI	38
3.3 BUKKALE TAŞMA BULGULARI.....	39
3.4 AŞINMA TEPE BÖLGESİ BULGULARI	42

3.5 HATA BÖLGESİ BULGULARI	46
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	48
REFERANSLAR	58



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3. 1: Demografik Bilgilerin Dağılımı	37
Tablo 3. 2: Materyale Göre Hedeflenene Ulaşma Miktarının Değerlendirilmesi	37
Tablo 3. 3: Yerleşime Göre Hedeflenene Ulaşma Miktarının Değerlendirilmesi	38
Tablo 3. 4: Hata Miktarı ile Aşındırma Miktarı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi	38
Tablo 3. 5: Yöne Göre Hata Miktarlarının Değerlendirilmesi.....	38
Tablo 3. 6: Çapraşık Dişlerde; Materyallere Göre Bukkale Taşma Miktarının Değerlendirilmesi	39
Tablo 3. 7: Çapraşık Dişlerde; Yöne Göre Bukkale Taşma Miktarının Değerlendirilmesi.	40
Tablo 3. 8: Çapraşık Dişler ve Materyallerde; Yöne Göre Bukkale Taşma Miktarının Değerlendirilmesi	41

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1: 0,3 mm Aşındırma Gruplandırma Şeması.	18
Şekil 2. 2: 0,5 mm Aşındırma Gruplandırma Şeması.	19
Şekil 2. 3: Soğuk Tamir Akriliği ve Hazırlanan Rehber Akrilik Bloklar.	20
Şekil 2. 4: Sıralı ve Çapraşık Dişler için Hazırlanan Rehber Akrilik Blokların Üstten Görünüşü.	21
Şekil 2. 5: Termoplastik Dişlerin Kök Bölgelerindeki Vidalar ve Rehber Akrilik Blokların Alttan Görünüşü.	21
Şekil 2. 6: 3B Tarayıcı.	22
Şekil 2. 7: Tarama Sırasında Dişin Elde Tutuluşu.	22
Şekil 2. 8: Akrilik Blokların Mengene Yardımıyla Sabitlenmesi.	24
Şekil 2. 9: Tek/Çift Taraflı Elmas Diskler.	24
Şekil 2. 10: Motor Destekli Abraziv Kiti.	25
Şekil 2. 11: Motor Destekli Abraziv Strip ve Çapraşık Dişlerde Kullanım Şekli.	26
Şekil 2. 12: Çift ve Tek Taraflı Manuel Abraziv Bantlar (Sunshine Diamonds, Hopf GmbH & Co, Almanya).	27
Şekil 2. 13: Dişlerin Başlangıç Hizalanması (Geomagic Kontrol X).	28
Şekil 2. 14: Çakıştırma için Referans Bölge Oluşturma (Geomagic Kontrol X).	29
Şekil 2. 15: En Uygun Hizalama İçin Referans Bölgenin Seçilmesi.	30
Şekil 2. 16: 3B Karşılaştırma için Çakıştırma Referans ve Aşındırma Bölgelerinin Seçimi.	30
Şekil 2. 17: Çakıştırma Seçeneklerinin Programa Komuta Edilmesi.	31
Şekil 2. 18: Aşındırma ve Hata Bölgeleri.	32
Şekil 2. 19: Oklüzal Görünümünden Bukkale Taşma Miktarı Ölçümü için Rehber Düzlemlerin Görüntüsü. (0,3 ve 0,5)	33

Şekil 2. 20: Elmas Disk (A), Manuel Abraziv (B), Motor Destekli Abraziv (C) Kullanılarak Aşındırılmış Diş Örnekleri (Oklüzal Görünüm).....	34
Şekil 2. 21: Veri Raporu Örneği.	35
Şekil 3. 1: Yöne Göre Hata Miktarlarının Değerlendirilmesi.....	39
Şekil 3. 2: Çapraşık Dişlerde; Materyallere Göre Bukkale Taşma Miktarının Değerlendirilmesi.	40
Şekil 3. 3: Çapraşık Dişlerde; Yöne Göre Bukkale Taşma Miktarının Değerlendirilmesi..	41
Şekil 3. 4: Aşınma Tepe Bölgelerinin Yerleşime Göre Sayısal Grafiği.	42
Şekil 3. 5: Sıralı Dişlerde Aşınma Tepe Noktası Yüzde Dağılımı.	43
Şekil 3. 6: Çapraşık Dişlerde Aşınma Tepe Noktası Yüzde Dağılımı.	43
Şekil 3. 7: Hedeflenen Aşındırma Miktarına Göre Aşınma Tepe Bölgelerinin Sayısal Grafisi.	44
Şekil 3. 8: 0,3 mm Aşındırma Hedeflenen Dişlerde Aşınma Tepe Noktası Yüzde Dağılımı.	45
Şekil 3. 9: 0,5 mm Aşındırma Hedeflenen Dişlerde Aşınma Tepe Noktası Yüzde Dağılımı.	45
Şekil 3. 10: Yerleşime Göre Hata Tepe Bölgelerinin Sayısal Grafisi.	46
Şekil 3. 11: Sıralı Dişlerde Hata Tepe Bölgesi Yüzde Dağılımı.	47
Şekil 3. 12: Çapraşık Dişlerde Hata Tepe Bölgesi Yüzde Dağılımı.	47

KISALTMALAR

ARS	: Air-Rotor Stripping
CAD	: Computer Aided Design
CAM	: Computer Aided Manufacturing
CEREC	: Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics
CLSM	: Confocal Laser Scanner Microscopy
IPR	: Interproximal Reduction
Max	: Maksimum
Min	: Minimum
mm	: Milimetre
p	: Olasılık
PLY	: Polygon Format
RMS	: Root Mean Square (Karekök Ortalama Denklemi)
STL	: Standard Tessellation Language
3B	: Üç Boyutlu

1. GİRİŞ VE GENEL BİLGİLER

Ortodonti, oklüzal ilişkiler, diş ve yüz estetiği dengesini kurmayı ve uzun süreli tedavi stabilitesini sağlamayı hedef alan günümüz diş hekimliğinin ayrılmaz bir parçasıdır. Hastalarda diş-ark boyut uyumsuzlukları çapraşıklık veya diestemalara sebebiyet vermekte ve dişlerin doğru hizalanmasına önemli engel teşkil etmektedir (Choudhary vd., 2015).

Ön bölgedeki diş çapraşıklıkları, ortodonti hastalarında en sık görülen bulgulardan biridir. Diş çapraşıklığını gidermek için arkin transversal genişletilmesi, keserlerin proklinasyonu, arktaki dişlerin distalizasyonu, diş çekimi veya arayüz mine aşındırılması gibi çeşitli yöntemler önerilmektedir (Choudhary vd., 2015).

Kortikal kemik, ortodontik diş hareketindeki sınırlardan biridir ve özellikle proklinasyon ve genişletme ile çapraşıklığın tedavisi sırasında dikkate alınması gerekir (Hellak vd., 2016; Kalemaj & Levrini, 2020). Özellikle mandibular ön bölgedeki kemiğin inceliği, çapraşıklık çözümü için arayüz mine aşındırması tercih edilmesine sebep olmaktadır. Ortalama dentin kalınlığına sahip dişler için arayüz mine aşındırması, diş pulpası üzerinde güvenli bir prosedür olarak kabul edilmektedir (Sanea & Omer, 2019a).

Hafif ila orta derecede çapraşıklığı (4-8 mm) olan hastalar için, arayüz mine aşındırması, diş çekimine bir alternatiftir. Geri dönüşü olmayan bir işlem olduğundan tedaviden önce dikkatli bir muayene yapılması zorunludur (Frindel, 2010).

Şeffaf plaklarla yapılan ortodontik tedaviye ilginin artması ve çağdaş ortodontide bu yöntemin etkinliğinin artmasıyla birlikte, arayüz mine aşındırılmasına olan ilgi de artmıştır (Borda vd., 2020). Şeffaf plaklarla ortodontide, mine aşındırma uygulamasının doğruluğu tüm tedavinin çok önemli bir parçasıdır ve hizalayıcıların iyi uyumunu ve nihai sonucun başarısını sağlayan faktörlerden biridir. Bu nedenle prosedürün doğru uygulanması planlanan diş hareketi için son derece önemlidir. Planlanan mine aşındırması, doğru interproksimal temaslarla istenen hizalamayı elde etmek için gerçekte uygulan mine aşındırmasına karşılık gelmelidir (Kalemaj & Levrini, 2020).

Yapılan çalışmalarda frezler, diskler, manuel abraziv stripler, salınlı segmental diskler ve motor destekli abraziv stripler olmak üzere birçok arayüz aşındırma yöntemleri in-vivo ve in-vitro olmak üzere incelenmiştir (Arman vd., 2006; Danesh vd., 2007; Frindel, 2010; Lapenaite & Lopatiene, 2014; Livas vd., 2013).

1.1 ARAYÜZ AŞINDIRMASI VE ORTODONTİ İLE İLİŞKİSİ

Yaygın olarak yer darlığını çözmek, diş boyut uyumsuzluklarını ya da dişler arasındaki siyah üçgenleri elimine etmek gibi sebeplerle interproksimal bölgelerden yapılan aşındırmalar; mine arayüz aşındırması (interdental stripping, interproksimal redüksiyon, slendering, reproximation) olarak adlandırılmaktadır (Gazzani vd., 2019; Kalemaj & Levrini, 2020; Livas vd., 2020).

Arayüz aşındırmasını ilk olarak dişlerin simetriğindeki ile mezio-distal boyut uyumsuzluklarının yaygınlığına dikkat çeken ve bu uyumsuzlukların eliminasyonu için proksimal alanlarda aşındırma yapan Ballard tarafından ortodontide kullanılmıştır (Ballard, 1944). Bunun üzerine Bolton'un diş boyutlarındaki uyumsuzluğu ortaya koyan çalışmasıyla arayüz aşındırma ihtiyacı pekişmiştir (Bolton, 1958).

Bolton analizi üst ve alt dişlerin meziodistal genişlik arasındaki tutarlılığı ölçmektedir. Alt ve üst dişlerin birbirleri ile uyumsuz olması iyi bir interdijitasyonun sağlanamamasına neden olur. Yaygın olarak görülen malforme lateraller, konjenital eksiklikler bu uyumsuzlukların sebebi olarak gösterilir (Bolton, 1958). Bolton uyumsuzluğun hesaplanması için alçı modeller üzerinden kumpas yardımıyla ya da dijital araçlarla ölçümler yapılır (Naidu & Freer, 2013).

Çoğunlukla Bolton uyumsuzluklarının çözümü arayüz aşındırmaları ile gerçekleştirilmektedir. Arayüz aşındırmasının diğer yaygın endikasyonları ise hafif veya orta seviyede çapraşıklık çözümü, dişlerdeki şekil bozukluklarının giderilmesi, ortodontik tedavi sonrası stabilitenin artırılması, diş eti konturunun ve interdental siyah üçgenlerin düzeltilmesidir (Jadhav vd., 2011; Kanoupakis vd., 2011; Lapenaite & Lopatiene, 2014).

Hafif-orta çapraşıklık çözümünde arayüz aşındırmasıyla yer elde edilebileceği çalışmalarda belirtilmiş, ortodontik tedavide diş çekimi ve genişletme ihtiyacının da bu yolla azalacağını savunulmuştur. Ancak 8 mm'yi aşan çapraşıklıklarda arayüz aşındırması yeterli olmayacaktır (Chudasama vd., 2007; Sheridan, 1985; Jadhav vd., 2011; Sheridan, 1987). Çekim-arayüz aşındırması kararında kabul edilen genel prensip 5 ile 9 mm arasındaki çapraşıklıkların çekimli veya çekimsiz olarak tedavi edilebileceği; 10 mm veya daha fazla çapraşıklık durumunda ise diş çekimi gerekliliği yönündedir (Proffit, 2007).

Mine aşındırma miktarlarıyla ilgili bazı çalışmalar mine kalınlığının yarısını önerse de mine kalınlığının klinik ortamda pratik bir tespit yöntemi henüz yoktur (Arias vd., 2022; Boese,

1980; Graber vd., 2017; Hudson, 1956; H. Peck & Peck, 1975). Pratik bir yöntem olmasa da morfolojik varyasyon gözlenen dişlerde radyografi alınıp ölçüm yapılması da önerilmiştir (Danesh vd., 2007).

Buna ek olarak bazı yazarlar hastalardan alınan ölçülerle oluşturulan tanısal modellerin set-up ile tedavi sonu oklüzyon değerlendirmesi ve yapılabilecek aşındırma miktarı için kullanılabileceğini önermişlerdir (Graber vd., 2017; Livas vd., 2013).

Arayüz mine aşındırma miktarları ile ilgili çeşitli görüşler de bulunmaktadır. Ön bölge aşındırma miktarları için dişlerin ortalama mine kalınlıklarının yarısı; santral dişlerin kontak noktaları için 0,20 mm; lateral kontak noktaları için ortalama 0,25 mm; kanin kontak noktaları için ortalama 0,30 mm; total ortalama 3 mm uygun görülmüştür. Bununla birlikte diş genişliğiyle mine kalınlığı arasında kesin bir korelasyon bulunamamıştır. Ancak genel anlamda geniş dişlerde daha küçük dişlere nazaran mine kalınlıklarının arttığı söylenebilmektedir (Hudson, 1956). Bir diğer görüş olarak Chudasama ve Sheridan makalelerinde mine kalınlığının adolesan ve yetişkin hastalarda ortalama aynı olduklarını belirtmiş ve posterior bölgede yapılabilecek mine aşındırma ile her arayüzden 1 mm olmak üzere 8 mm'ye kadar arkta yer kazanılabileceğini belirtmişlerdir (Chudasama vd., 2007; Sheridan, 1985, 1987). Fillion aşındırmaların yüzey başına üst kesicilerde 0,3 mm, üst premolar ve molarlarda 0,6 mm alt kesicilerde 0,2 mm'yi aşmaması gerektiğini savunmakta, Stroud ve arkadaşları çalışmalarında 9,8 mm'ye kadar yer kazanılabileceğini belirtmiştir. Mine kalınlığı en düşük kişilerde bile 7 mm'ye kadar yapılabildiği belirtilen aşındırma miktarı; Shillingburg için 6,4 mm ile sınırlandırılmıştır (Fillion, 1995; Shillingburg & Grace, 1973; Stroud vd., 1998). Graber ve arkadaşları ise diş şekil ve boyutları da göz önünde bulundurulması gerektiğini ancak maksiller ve mandibular anterior dişlerde her yüzey için 0,25 mm olacak şekilde toplam 2,5 mm'lik aşındırma yapılabileceğini belirtmişlerdir (Graber vd., 2017).

Mine kalınlıkları mezial ve distal olarak yazarlarca araştırılmış, cinsiyet etkisi değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar mezialdeki mine kalınlığını distale göre istatistiksel olarak anlamlı farkta ince bulmuşlardır (Macha vd., 2010; Munhoz vd., 2012; Vellini-Ferreira vd., 2012). Cinsiyetler arası mine kalınlıklarında anlamlı bir fark olmadığını buna ek olarak cinsiyet ile dentin kalınlıkları arasında anlamlı fark olduğunu belirtmişlerdir (Stroud vd., 1998; Shillingburg & Grace, 1973; Stroud vd., 1994).

İyi bir dental hizalanma elde edilmesi ortodontinin en temel hedeflerinden biridir. Yapılan çalışmalarda diş boyutları daha küçük olan dişlerin iyi hizalanma gösterdiğini, özellikle makrodonti olarak tanımlayabileceğimiz dişlerde dental estetik sağlanabilmesi için de dişlerin aşındırılarak şekillendirilmesinin endike olduğu savunulmuştur (S. Peck & Peck, 1972).

Begg ve Kesling yayınladıkları çalışmalarda taş devri insanlarındaki proksimal atrizyonun iyi bir kapanış için önemini ve bu atrizyona günümüzde ulaşmak için proksimal aşındırma gerekliliğini savunmuşlardır (Begg & Kesling, 1977).

Dişlerin arayüzde şekillendirilmesi siyah üçgenlerin ortadan kaldırılması için de etkili bir yoldur. Ancak kare forma sahip dişlerde arayüz aşındırması geniş temas yüzeyleri oluşturacağı gibi besin sıkışması, interdental kemik azalması gibi sonuçlar doğurabilmektedir. Dolayısıyla böyle hastalarda arayüz aşınması kontrendikedir (Jadhav vd., 2011).

Mandibular keserlerin çapraşıklığı hekimlerin klinik pratiğinde sıklıkla karşımıza çıkmaktadır (Berger, 1959; Gilmore & Little, 1984). Yapılan çalışmalarda mandibular keser çapraşıklığının etyolojisini mandibulada molar dişlerden sonra ilk süren dişler olmalarına ve evrimsel gelişimlere bağlanabileceği söylenmektedir (Berger, 1959).

Bir başka yazar mandibular keserlerdeki çapraşıklığın mezio-distal ve bukko-lingual boyut farklılıklarına bağlı olabileceğini belirtmiştir. Tedavi edilmemiş hastalarda düzgün sıralanmış mandibular keserlerin boyutlarının, çapraşıklık görülen hastalardakine nazaran mezio-distal olarak küçük, bukko-lingual olarak büyük olduğunu belirtilmiştir (H. Peck & Peck, 1972).

Ayrıca çapraşıklık tedavisi sonrası retansiyonu en zor dişlerdir (Berger, 1959). Tedavi sırasında mine arayüz aşındırmasının yapılması tedavi sonrası stabilitenin artırılmasında fayda sağlayacaktır (Boese, 1980; Graber vd., 2017; H. Peck & Peck, 1972; S. Peck & Peck, 1972).

Paskow, mandibular keser çapraşıklığı görülen hastalarda “Dişlere yeterli alanı verin, onlar kendi kendine sıralanacaklardır.” felsefesiyle keserlere yalnızca arayüz aşındırması yapmış, 3-6 aylık bekleme süresinin ardından çapraşıklığın kendiliğinden çözümlendiğini yayınladığı çalışmasında belirtmiştir (Paskow, 1970).

Özellikle mandibular ve maksiller kesicilerdeki yuvarlak ve noktasal temas yüzeyleri dişlerin ortodontik tedavi sonrasında retansiyonunu oldukça zorlaştırmaktadır. Bu nedenle arayüzlerdeki aşındırmalar temas noktalarını temas yüzeylerine çevirerek retansiyonu arttırmayı amaçlamaktadır (Paskow, 1970). Arayüz aşındırmasının uzun dönem stabiliteye anlamlı bir faydası olmadığını belirten yazarlar (Gilmore & Little, 1984) olmasına rağmen güncel literatüre göre arayüz aşındırmasının ortodontik tedavi sonrası nüks eğilimini azalttığı kabul edilmektedir (Graber vd., 2017).

Arayüz aşındırması için kullanılan teknik, aşındırma miktarı iyi tayin edilmeli ve titizlikle uygulanmalıdır. Aşındırma yapılacak hastada çürüğe karşı duyarlılığın artmasını önlemek için mine arayüz aşındırması yalnızca çürük riski düşük olan ve ağız hijyeni iyi olan hastalarda yapılmalıdır (Frindel, 2010; Kanoupakis vd., 2011).

Uygulama başarısının artırılabilmesi için aşındırma öncesi coil spring ya da elastiklerle dişlerin aralarının açılması önerilmiştir. Elastiklerle yapılan seperasyonun interproksimal alandaki periodontal dokulara uyguladığı bası ile aşındırma sırasında kullanılan aletlerin papillere verebileceği zarar minimize edilmiş olmaktadır (Chudasama vd., 2007). İnterdental dokuları korumak amacıyla koruyucu tel kullanımı da bir başka yöntem olarak önerilmektedir (Meredith, 2015).

İşlem sırasında çevre dokular pamuk rulolar, kamalar yardımıyla korunması tavsiye edilmektedir. Aşındırma yapılan dişler işlem sonrası kendi formlarına uygun şekilde cilalanıp pürüzsüzleştirilmelidir. Mümkünse aşındırmaların tümü aynı seansta değil birkaç seansa bölünerek yapılmalıdır (Frindel, 2010). İzolasyon, çalışılan alanın rahat bir şekilde görülebilmesi için rubber dam uygulaması da önerilmektedir (Jadhav vd., 2011; Sheridan, 1985).

Arayüz aşındırma yöntemleri üç grupta toplanabilir: Kimyasal aşındırma, mekanik aşındırma ve bu iki yöntemin art arda uygulanması olan kimyasal-mekanik aşındırma.

Kimyasal aşındırma için %18 hidroklorik asit ya da %37 ortofosforik asit kullanılabilir (Bishara vd., 1987; Croll & Cavanaugh, 1986; Joseph vd., 1992).

Bishara ve diğerleri, yayınladıkları çalışmalarında hastaların debonding sonrası dişlerin yüzeylerindeki lekelerden duydukları estetik kaygıları gidermek adına kimyasal aşındırma yapmışlardır. Kimyasal aşındırma için %18'lik hidroklorik asit çözeltisini rubberdam

koruması altında kullanmayı tercih etmişlerdir. 100 mikron derinliğe kadar ekstrinsik lezyonlar gösteren dişlerde bu yöntemin etkin olduğunu ancak intrinsik renklerle karşılaşan dişlerde bu yöntemin işe yaramayacağını da eklemişlerdir. Yeni ekstrinsik renklerle karşılaşmaları minimize etmek adına kimyasal aşındırma sonrası profilaktik flor ajanı uygulaması ardından cila yapılmasını da önermişlerdir (Bishara vd., 1987).

Öte yandan Joseph ve diğerleri kimyasal aşındırmanın klinik pratiğindeki kullanımı kolaylaştırmak için %37'lik ortofosforik asit çözeltisinin dişeti koruyucu jel eşliğinde uygulanabileceğini savunmuşlardır. Kimyasal aşındırmadakinin aksine mekanik aşındırmanın mine yüzeyinde remineralizasyona fırsat vermeyecek oluklar yarattığını savunduklarından iki yöntemin birlikte kullanılmasının en sağlıklı seçenek olduğunu savunmuşlardır (Joseph vd., 1992).

Mekanik aşındırma işlemi, manuel olarak veya motor destekli olarak yapılabilir. Manuel aşındırma metal abraziv strip ile yapılmaktadır. Abraziv stripler, diskler, salınlı segmental diskler, Profin sistemi, Air Rotor Stripping (ARS) sisteminde elmas veya tungsten karbid frezler motor destekli olarak mekanik arayüz aşındırmasında kullanılabilir.

Günümüzde en yaygın kullanılan arayüz aşındırma yöntemleri; manuel metal abraziv stripler, Air-rotor Stripping sistemi (ARS), elmas diskler, motor destekli orto-striplerdir. Metal abraziv strip, anterior diş minesinin azaltılması için manuel bir alettir. Abraziv strip uygulayıcı hekimin elinde, Mathew portegü ile veya özel abraziv strip tutucusu ile kullanılabilir. Kalınlıkları 0,15-0,4 mm arasında değişmektedir. Dişler rotasyonluken arayüze ulaşma açısından avantajlıdır ancak özellikle posterior dişlerde yavaş uygulanabiliyor olması klinik pratiğinde kullanımını sınırlamaktadır (Frindel, 2010; Lapenaite & Lopatiene, 2014).

Sheridan; nispeten verimsiz, zaman alıcı olarak nitelendirdiği bu yöntemin işlem sırasında dişlerin arasına abraziv mikro parçaların kalabileceğini çalışmasında belirtmiştir (Sheridan, 1985). Zaman alıcı bir süreç olduğuna katılan Livas ve diğerleri, posterior dişlerde uygulama zorluğunu belirtmiştir. Günümüzde manuel abraziv stripler, yapılacak aşındırma miktarı azsa ya da başka bir aşındırma yönteminden önce giriş yolu oluşturabilmek için kullanılmaktadır (Livas vd., 2013).

Elmas diskler, farklı kalınlık ve çaplarda bulunabilir. Tek veya çift taraflı olabilirler ve anguldurva destekli olarak kullanılırlar. Elmas diskler standart prosedüre uygun veya Tuverson tarafından onerilen yönteme bağlı kalarak kullanılabilirler. Dört elli modifiye Tuverson tekniği olarak adlandırılan yöntem hava soğutması altında dudakların çalışma alanından seperasyonu için ek bir aparat içerir (Tuverson, 1980a, 1980b; Zachrisson vd., 2007, 2011). Aşındırıcı diskler periodontal dokular açısından risk teşkil ettiğinden uygulama sırasında dil, dudak, yanak korumasına son derece önem verilmelidir. Bu amaçla bazı disk koruyucuları üretilmiştir, ancak bunlar da çalışılan alanın görünürlüğünü azaltmaktadır (Frindel, 2010; Lapenaite & Lopatiene, 2014).

Motor destekli orto-stripler özel bir tutucu ile kullanılan ince, yarı esnek aşındırıcılardır. Kalınlıkları 15-150 mikron arası değişmektedir. Bu yöntem ARS'den daha fazla zaman alır, ancak sonuçlar daha öngörülebilir ve mine yüzeyi, frez kullanıldığında elde edilenden daha pürüzsüz sonuçlanmaktadır (Danesh vd., 2007; Lapenaite & Lopatiene, 2014).

Salınımlı segmental diskler de motor destekli aşındırıcılardır. Zingler ve diğerleri yaptıkları çalışmaya salınımlı segmental diskleri, orto-stripleri, sonik strip uçlarını dahil etmişler ve aşındırma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. alışmaları sonunda aşındırmada en etkin yöntemin orto-stripler olduğunu, bu sıralamayı salınımlı segmental disklerin ve sonik strip uçlarının takip ettiklerini belirtmişlerdir (Zingler vd., 2015).

Perfore bantlı motor destekli aşındırıcılar su soğutmalı uygulama sırasında ortaya çıkan mine debrisinin eliminasyonu için de etkin bulunmuştur (Gazzani vd., 2019). Ayrıca periodontal dokular açısından güvenli bir yöntemdir (Frindel, 2010). Literatürde 10 kullanıma kadar motor destekli bu aşındırıcıların güvenli ve etkili olduğu belirtilmektedir (Lombardo vd., 2014).

Gazzani ve diğerleri yaptıkları çalışmada manuel ve motor destekli aşındırıcıların uygulama sonrası mine yüzeyindeki etkinliklerini araştırmışlardır. Hem daha düzgün mine yüzeyi göstermesi hem uygulama kolaylığı ile koltuk süresini kısaltması hem de aşındırma etkinlikleri açısından motor destekli aşındırıcıları avantajlı bulmuşlardır (Gazzani vd., 2019).

Materyallerin uygulayıcı tarafından doğru kullanılması da materyalin kendisi kadar önemlidir. Arayüz mine aşındırması sırasında yüksek basınçla materyallerin kullanılması

hem mine yüzeyine zarar verebileceğinden hem kullanılan materyalin fraktürüne sebep olabileceğinden önerilmemektedir (Pindoria vd., 2016).

Literatürde mine arayüz aşındırma prosedürlerinin olası zararlı etkileri tartışılmıştır. Yapılan çalışmalarda, arayüz aşındırmasının mine yüzeylerinin demineralizasyonunun arttığı ve uygulanan remineralizasyon ajanlarının mine yüzeyine bu anlamda fayda sağlandığı ancak minenin işlem uygulanmamış haline dönemediği belirtilmiştir (Twesme vd., 1994).

Joseph vd. yaptıkları çalışmada arayüz aşındırmasının, mine yüzeyinde oluklar oluşmasına dolayısıyla plak tutulumuna sebep olacağını belirtmiştir. Temizlenmesi zor olan arayüzlerdeki bu olukları çürük insidansının artmasıyla ilişkilendirmiştir. Çözüm olarak kimyasal-mekanik aşındırma yöntemlerinin kombinasyonunun efektif olduğunu belirtmiştir (Joseph vd., 1992). Bir başka çalışma ise kimyasal-mekanik aşındırma kombinasyonunu yalnız mekanik aşındırma prosedürleriyle karşılaştırdığında en pürüzlü yüzeyin kimyasal kombinasyonu olduğunu belirtmiştir (Arman vd., 2006).

Diğer bir görüş ise arayüz aşındırması ile çürük insidansı arasında anlamlı bir nedenselliğin olmadığı yönündedir. Meydana gelen demineralizasyonun çoğu zaman kendiliğinden gelişen remineralizasyon ile devam ettiği söylenmiştir (Arhun & Arman, 2007). Çürük insidansını arttırmadığı gibi ısı hassasiyetinde de bir artış görülmediği yapılan 10 yıllık takip çalışmasında bildirilmiştir (Zachrisson vd., 2007).

Arayüz aşındırması sonrası çürük riskinin artmasını engellemek ve remineralizasyonu desteklemek adına aşındırılan yüzeylerin cilalanması, topikal flor uygulaması çalışmalarca önemli ve gerekli görülmüştür (Hudson, 1956; Rogers & Wagner, 1969; Twesme vd., 1994; Zachrisson, 1975). En yaygın cila yöntemlerinden biri olan Sof-Lex disklerinin aşındırılan yüzeyleri pürüzsüzleştirmede en etkin yöntemlerden biri olduğu belirtilmiştir (Arman vd., 2006). Cilalama işlemi, mümkün olan en pürüzsüz yüzeylere ulaşabilmek adına, tüm sistemler için kalın grenliden en incesine gidecek şekilde ve yeterli zamanı ayırarak kullanılmalıdır (Zingler vd., 2015). Ayrıca uygulanan remineralizasyon ajanlarının anlamlı bir şekilde demineralizasyon riskini azalttığı belirtilmiştir (Kanoupakis vd., 2011).

Bir başka yazar frezler aracılığıyla yapılan arayüz aşındırmaları sonunda oluşan pürüzlerin giderilebilmesi için fissür örtücü uygulamalarında kullanılan sealantları önermiştir. Aynı

çalışmada mekanik ve kimyasal aşındırmanın bir arada kullanılmasının avantajlı olduğu da belirtilmiştir (Grippaudo vd., 2010).

Mine arayüz aşındırması seviyeleme sıralama öncesi yapıldığında dişlerin kontak noktalarında kontrolsüz aşınmaya sebep olabilir (Kelsten, 1969). Bolton uyumsuzluğunda dahi iyi bir oklüzyon sağlanabileceğinden final oklüzyon görülmeden aşındırma işlemi gerçekleştirilmemesi bazı yazarlar tarafından önerilmiştir (Heusdens vd., 2000; Meredith, 2015).

Geri dönüşümsüz bir işlem olması, arayüz aşındırma işlemindeki doğru prosedür izleme prensibinin önemini arttırmaktadır. Arayüz aşındırma işlem öncesi dişlerin seviyelenip sıralanıp separe edilmesi bazı yazarlar tarafından önerilmiştir (Chudasama vd., 2007; Fillion, 1995; Frindel, 2010; Hudson, 1956; Kelsten, 1969). Öte yandan seviyeleme sırasında öncesi uygulanan aşındırma, dişin hareket alanını arttıracığından seviyelenme hız ve başarısı artabilir (Chee vd., 2014; De Felice vd., 2020).

Gittikçe popülerleşen arayüz mine aşındırması, şeffaf plak tedavisi başında hekime iletilen görsel tedavi planlamalarında sıklıkla teknisyenler tarafından tercih edilmektedir. Tabi ki bu aşındırma planları hekimin tercihine göre değiştirilebilir ya da tamamen kaldırılabilir (De Felice vd., 2020; Kravitz vd., 2009; Weir vd., 2022).

Weir ve diğerleri 10 farklı ortodontist tarafından Invisalign (Align Technology, Amerika Birleşik Devletleri) ile tedavi edilmiş ve ilk Clincheck tedavi planlaması kabul edilmiş hastalardaki arayüz aşındırma prevalansını değerlendirmişlerdir. Çalışmaya dahil edilme kriterlerine uyumlu 500 tedavi planlamasının %71'inde plan başına ortalama 2,26 mm'lik arayüz aşındırması içerdiğini tespit etmişlerdir. Çalışmalarında aşındırmaların çoğunlukla mandibular keserlerde planlandığını da bulgularına eklemişlerdir. Ancak dahil olan ortodontistlerin bazılarının posterior bölgeler için aşındırma istememesi gibi tercihler çalışmanın limitasyonlarından (Weir vd., 2022). Mandibular keserlerde çapraşıklık yüksek prevalans ile görülmesi düşünüldüğünde bu bulgu desteklenmektedir (Araujo & Souki, 2003; Berger, 1959; Freeman vd., 1996; Gilmore & Little, 1984; Santoro vd., 2000).

Şeffaf plaklarda planlanan arayüz aşındırmasının planlandığı şekil ve miktarda uygulanması tedavi başarısı açısından son derece önemlidir (Danesh vd., 2007; De Felice vd., 2020). Bu anlamda aşındırmanın planlanan miktarda gerçekleştirilme başarısını konu alan çalışmalar

vardır (De Felice vd., 2020; Johner vd., 2013; Kalemaj & Levrini, 2020; Laganà vd., 2021). Bu başarıya diş konumları etki edebileceğinden De Felice ve diğerleri çalışmalarına Little düzensizlik indeksini de dahil etmişlerdir. Bulgularında, planlanan arayüz aşındırma miktarına ulaşmada istatistiksel anlamlı düzeyde yetersiz kalındığını ancak Little düzensizlik indeksi ile ölçülen ön çapraşıklık miktarının, gerçekleştirilen arayüz aşındırmasının etkinliğini etkilemediğini belirtmişlerdir (De Felice vd., 2020).

Planlanan aşındırma miktarıyla gerçekleştirileni karşılaştırmak üzerine Kalemaj ve Levrini yaptıkları çalışmalarında hedeflenene ulaşma başarısına kullanılan tekniğin, uygulayan hekim tecrübesinin, uygulanan diş tipinin ve aşındırmanın seviyeleme öncesi/sonrası yapılmasının etkilerini değerlendirmişlerdir. Uygulanan aşındırma, özellikle alt kanin dişleri ve dişlerin distal yüzeyleri için planlanan miktardan daha düşük olma eğilimindedir. Frezler, özellikle manuel abrazyvlere göre uygulama başarısını arttırmaktadır. Aşındırmanın seviyeleme sonrası yapılması, öncesi yapılmasına kıyasla daha hassas aşındırma yapılabilmesini sağlamıştır ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Kalemaj & Levrini, 2020).

Seviyeleme sonrası aşındırma yapılması diş yapısını korumak için istenilen bir etki olsa da, bu ek hareket, kök rezorpsiyonu için bir risk faktörü olabilir. Bu nedenle, aşındırma zamanlamasını yalnızca uygulama başarısı için değil, biyolojik ve tedavi stratejilerini de dikkate alarak planlamak tavsiye edilir (Alexander, 1996; Kalemaj & Levrini, 2020).

1.2 İNTRAORAL TARAYICILAR VE 3B MODELLEME

1.2.1 Tarihçe ve Gelişim

Dişler ve çevre dokuların hatasız bir kopyasını elde edebilmek, yapılacak tedavi ve hazırlanacak apareylerin başarısını doğrudan etkilediğinden diş hekimliği açısından büyük bir önem arz etmektedir. Geleneksel ölçüler günümüzde hala altın standart olarak kabul edilse birçok farklı sebepten dijital sistemlere yönelimini artmıştır (Hamalian vd., 2011).

Diş hekimliğine seksenli yıllarda giren bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) uygulamalarıyla birlikte dijitalleşmenin ilk adımları atılmıştır. Başlarda ölçü alımını kolaylaştırmak ve sadeleştirmek için geliştirilmeye çalışılsa da bu hedeflere ulaşmak düşünüldüğü kadar hızlı olmamıştır (Miyazaki vd., 2009).

Dr. François Duret, dental CAD/CAM geliştirme alanında 1971'den itibaren, protez için hazırlanmış ağızdaki dişin optik ölçüsü ile başlayan, ardından fonksiyonel hareketi göz önünde bulundurarak en uygun kuronu tasarlayan ve freze makinesi kullanarak bu kuronu hazırlayan bir dizi sistem kurmuştur ve bu sistem dünyada dental CAD/CAM sistemlerinin gelişimine rehberlik eden Sopha Biyokonsept Sistemi olarak ismini duyurmuştur (Duret & Preston, 1991; Moörmann, 2006).

Ardından CEREC sistemlerinin bir diğer deyişle Estetik Seramiklerin Klinikteki Ekonomik Restorasyonu (Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics) geliştiricisi ve patent sahibi olan Dr. Moermann, ağız içi tarayıcıyı tasarlamıştır. Ancak dişlerin marjin yüzeylerinin dijitalize edilme ve tekrar edilebilme zorluğu bu sistemin tanınırlığını sınırlamıştır (Miyazaki vd., 2009; Moörmann, 2006; Punj vd., 2017).

Gerçek zamanlı görselleştirme, hata yapıldığı takdirde düzeltiminin kolay ve hızlı olması, bölgesel modelleme yapılabilmesi, dijital olarak arşivlenebilmesi ve fiziksel bir alana ihtiyaç duyulmaması, ölçü materyallerinin kullanılmaması nedeniyle çevre dostu olması, laboratuvar iletişimi sırasında hız sağlaması ve modellerin fiziksel olarak zarar görmüyor olması, hasta memnuniyetini artırması, diğer dijital modellerle programlar aracılığıyla birleştirilebilmeleri ağız içi tarayıcıların avantajları olarak özetlenebilmektedir (Punj vd., 2017; Zimmermann vd., 2015).

Diğer yandan ekipmanların pahalı olması, dijital modelleme aşamalarının bazı klinisyenler ya da teknisyenler tarafından öğrenilme zorlukları, karmaşık protez tedavilerinde oklüzyonun dijital aktarımının zorluğu, subgingival marjinlerin ağız sıvıları kan ya da çevre dokuların varlığında ölçüde kaydedilememesi, dijital transfer için .stl gibi sınırlı veri kayıt sistemlerinin olması, dişsiz arklarda sıklıkla hatalı ölçülerle karşılaşılması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Punj vd., 2017; Zimmermann vd., 2015).

2000'li yılların başında ortodonti pratiğine tanıtılan tarayıcılar teşhis modelleri oluşturmada kullanılmış, 2011'de ise şeffaf plaklarla yapılan tedaviler için tarayıcılar aracılığıyla 3B modeller oluşturup planlamalar yapılabilmeye başlanmıştır. Günümüzde indirekt bonding, teşhis-tedavi planlaması, diş boyut ölçüm ve analizleri, kişiye özel aparey üretimi için 3B modeller kullanılabilmektedir (Harrell, 2018).

İntraoral tarayıcılar günümüzde ortodontik teşhis konusunda geleneksel ölçü teknikleri kadar hassastır. Bu, ortodontik teşhis amaçları için kabul edilebilir oldukları anlamına gelir. Bazı yazarlar, ağız içi taramalardan elde edilen dijital modellerin doğrulukları hastaların konforu, zaman kazanımı, klinik prosedürlerin basitleştirilmesi ve hata ihtimalini minimuma indirmesi ve saklama hususları gibi diğer faydaları nedeniyle ortodontide yeni altın standart olduğunu öne sürmüşlerdir (Christopoulou vd., 2022; Harrell, 2018; Mangano vd., 2017; Rossini vd., 2016).

Yapılan bir çalışmada tarayıcıların doğruluğunun kesici ve kanin dişlerde daha iyi ancak arkta posteriora gidildikçe doğruluğunun azaldığı belirtilmiştir. Bu nedenle posterior uygulamalarda tarama verilerine güvenin anteriordan posteriora azalması gerektiği savunulmuştur (Son & Lee, 2020).

Ortodontik tedaviler diğer dental tedavilere nazaran daha uzun takip süresi gerektirmektedir. Hastalardan alınan teşhis modeli, tedavi süresince depolanmalı, bu da ortodonti kliniklerinde depolama sorununu beraberinde getirmektedir. 3B model oluşturma sayesinde bu sorun da büyük oranda çözüme kavuşabilmektedir (Kihara vd., 2020).

Flemming ve diğerleri diş boyut, ark boyut, düzensizlik indeksleri, Bolton analizleri, transversal gibi birçok ortodontik ölçümlerin alçı ve dijital modeller üzerinden karşılaştırıldığı 17 çalışmayı derlemelerine dahil etmişlerdir. Dijital ve alçı modellerin ölçümler için çok küçük farklılıklar içerdiğini ve bu farklılıkların klinik olarak anlamsız olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda derlemedeki birçok çalışma dijital modellemenin klinikte zaman kazandırdığını ifade etmiştir. Dolayısıyla klinik pratiğimize yerleşmiş olan alçı modellerin yerini geçerli, kullanılabilir sonuçlar veren dijital modeller alabilmektedir (Fleming vd., 2011).

Ek olarak tarayıcılar sayesinde hekimlerin teknisyenlerle iletişimi artmakta, hasta verilerinin iletiminde veri kaybı engellenmektedir. Oluşturulan sanal modeller üzerinde sayısız ölçüm yapılmasına ve aynı model üzerinde farklı tedavi simülasyonlarının oluşturulabilmesine de olanak sağlamaktadır (Christopoulou vd., 2022; Harrell, 2018).

Dijital ölçü sistemleri, kendi aralarında ve geleneksel ölçü sistemleriyle karşılaştırıldıklarında bazı farklılıklar, avantaj ve dezavantajlar gösterse de her biri klinik

olarak tatmin edici bir sonuç verir ve iş akışında güvenle kullanılabilirler (Chochlidakis vd., 2016; Ender, Attin, vd., 2016; Ender, Zimmermann, vd., 2016).

Dental modellemenin geleceği görülen tarayıcılar günden güne gelişmekte ve kullanımları yaygınlaşmaktadır. Ölçü aletleri boyutsal olarak küçülerek kullanıcı ve hasta konforunu arttırmaktadırlar. Hastaların tüm kayıtları sanal ortamda uzun yıllar saklanabilir ve medikal geleceklerinde ihtiyaç halinde kullanılabilir. Toplanan sanal veriler tomografi gibi başka teşhis araçlarıyla birleştirilebilir. Tüm bunları geleceğin ölçüm yöntemleri arasında intraoral tarayıcıların yerini sağlamlaştırmaktadır (Punj vd., 2017).

1.2.2 Modelleme

Temel olarak ağız içi tarayıcılar 3B nesnelerin dijital ortamda ayrıntılı bir şekilde kaydedilmesine olanak sağlarlar. Bu dijital depolama birkaç farklı formatlarda gerçekleşebilir. Bunların en yaygın olanı STL, nesnelerin x-y-z eksenlerinde yüzeylerini kaydetmeyi sağlayan stereolitografi (optik fabrikasyon ile 3 boyutlu üretim) dosyalarıdır. Ek olarak dental dokuların renk, ışık geçirgenliği gibi özelliklerini kaydedebilmek adına farklı dosya formatları da ortaya çıkmıştır (Richert vd., 2017).

STL (standard tessellation language) bilgisayar destekli tasarım yazılımlarına özgü dosya formatıdır, “3D Systems” tarafından üretilmiştir. Bu dosya biçimi çoğu dijital modelleme yazılımı tarafından desteklenir. Bir STL dosyası, herhangi bir renk, doku veya diğer yaygın CAD modeli niteliklerini temsil etmeden yalnızca bir 3B nesnenin yüzey geometrisini kaydetmektedir (Grant vd., 2016).

3 boyutlu modelleme bir nesnenin yüzey verisinin özel bir yazılım aracılığıyla dijital temsilinin geliştirilmesi sürecidir. Bu temsiller ölçüsü alınan nesnenin malzeme özelliklerini değil, geometrilerini tanımlarlar. En eski tarayıcı sistemlerden CEREC (Sirona, GmbH, Almanya) sistemi, optik üçgenleme (optic triangulation) sistemi ile çalışan bir tarayıcıdır. Aktif üçgenleme (active triangulation), nesne üzerinden yansıyan görüntüdeki bir dizi düzensiz noktanın bir yüzey haline getirilebilmesi için üçgenler şeklinde birleştirilmesi metodudur. Bu metotta nesneye sensörden ya da kameradan sabit uzaklıktaki bir lazer ya da ışık kaynağı kullanılır. Taranan nesneden yansıyan ışık ya da lazer, sensör üzerine yansıma açısıyla hesaplanarak nesne üzerindeki noktaların pozisyonları belirlenebilir ve 3 boyutlu görüntü oluşturulur (Grant vd., 2016; Punj vd., 2017).

Nesnelerin tarayıcılar aracılığıyla 3B modellemesinin yapılabilmesinin diğer bir metodu, konfokal lazer taramalı mikroskop (confocal laser scanner microscopy-CLSM) kullanımıdır. Lazer taramalı konfokal mikroskop, farklı derinliklerde yüksek çözünürlüklü optik görüntü oluşturabilen bir sistemdir. İlk olarak 1961’de Marvin Minsky tarafından konfokal mikroskopi çalışma prensibi tanıtılmış olsa da lazer ile birleşmesi 1980’leri bulmuştur (Paddock & Eliceiri, 2014).

Bu yöntemde ışık kaynağı bir açıklıktan geçerek merceğe yansır mercekten nesneye ulaşan ışık tek bir derinlik seviyesinde sınırlı bir noktaya odaklanır. Nesneden geri toplanan ışık bölücü bir ara aparat (beam splitter) sayesinde tekrar toplanır. İğne deliğinden geçerek sensör üzerinde bir elektrik akımına sebep olarak pikseli oluşturur. Oluşturulan pikseller bilgisayar tarafından kaydedilir ve görüntü oluşur. Merceğin yer değiştirmesiyle de farklı derinliklerde oluşturulan görüntüler bilgisayar tarafından birleştirilerek 3B görüntüler oluşturulur (Logozzo vd., 2014; Paddock & Eliceiri, 2014). Lazer taramalı konfokal mikroskopi metoduyla çalışan tarayıcılara 3shape TRIOS 3 (3Shape, Danimarka), iTero (Align Technology, Amerika Birleşik Devletleri) örnek verilebilir (Punj vd., 2017).

TRIOS (3shape, Danimarka), 2010 yılında konfokal lazer taramalı mikroskopi prensibiyle çalışan, hızlı ve hasta konforunu arttıran, yüksek performanslı bir ağız içi tarayıcı olarak piyasaya tanıtılmıştır. Kablolulu ve kablosuz versiyonları bulunmaktadır. Klinik kullanımında mobil bir ünite ile de tercih edilmektedir. Cihaz, tarama verileri eksik olan alanları “son işlem” aşamasında otomatik olarak doldurmaktadır. Yapılan çalışmada birçok tarayıcı teknik anlamda karşılaştırıldığında TRIOS intraoral tarayıcısının ölçü alım sırasında fokal düzleminin hareketi için tarayıcının hareketine ihtiyaç olmaması açısından diğer tarayıcılara üstün bulunmuştur (Logozzo vd., 2014; Punj vd., 2017).

1.2.3 3 Boyutlu Karşılaştırma

Günden güne diş hekimliği pratiğinde artan dijitalleşme, tarayıcıların ve bu tarayıcılar aracılığıyla oluşturulan dental modellerin güvenilirliğini test etme ihtiyacını doğurmuştur. Bu amaçla birçok kontrol programı yardımıyla çeşitli senaryolarda karşılaştırmalar yapılabilmektedir (Lee vd., 2015; Rençber Kızılkaya & Kara, 2024; Son & Lee, 2020; Sousa vd., 2012; Vecsei vd., 2017).

Nesnelerin yüzeyleri tarayıcılar aracılığıyla sanal olarak nokta bulutları yardımıyla aktarılabilir bir veri haline gelmektedir. Bu nokta bulutları farklı şekillerde çeşitli programlarda hizalanabilir. Bu hizalama çeşitlerinden ilki ve en yaygın olanlarından “nokta temelli hizalama” (landmark based alignment), uygulayıcının 3B sanal nesne üzerinde seçtiği noktaların program sayesinde karşılaştırılmasıyla gerçekleşir. Ancak bu hizalama yöntemi çoğu işlem için tatmin edici sonuçlar verse de ayrıntı gereken işlemler için fazla subjektiftir (Becker vd., 2018; O’Toole vd., 2019).

Daha objektif bir sonuç veren ve uygulayıcı hatalarını minimize eden “en uygun hizalama” (best-fit alignment) prosedürü sanal modellerin hizalanma yöntemlerinin bir diğeridir. Bu yöntemde “tekrar edilebilen en yakın nokta” (iterative closest point) algoritması kullanılmaktadır. Algoritma, karşılaştırılması istenen iki nokta arasındaki mesafenin minimalizasyonunu sağlar. İki model arasında büyük farklılıklar olduğu takdirde sistem genel farklılıkların ortalamasında bir pozisyonda iki modeli karşılaştırır (O’Toole vd., 2019).

Tekrar edilebilen en yakın nokta algoritması karşılaştırılacak ya da karşılaştırılacak iki veri grubu içerisinde bir dizi nokta arası mesafeyi karekök ortalama denklemi (Root Mean Square - RMS) ile ölçer ve bu mesafeleri minimize ederek 3B nesneleri karşıtırmaktadır. Bu algoritmanın çalışmalarda hizalama sonuçlarını iyileştirdiği görülmüştür (Becker vd., 2018; Li vd., 2020; Son & Lee, 2020).

Çakıştırılan modeller arası büyük farklılıklar olduğunda sistemin hatalı hizalamalarını düzenleyebilmek için “en uygun hizalama” geliştirilerek bir referans bölge kullanılabilir. Sisteme karşıtırma yapması için atanan bölgeler, toplam nokta bulutundaki sapmaların değil sadece o bölgedeki noktaların sapmalarının ortalamasını alacağından karşıtırma güvenilirliği artmaktadır. Seçilen referans bölgesi karşıtırma sonuçları ile direkt bağlantılı bulunmuş ve bu yöntem diğer hizalama çeşitlerine göre istatistiksel olarak daha iyi sonuç vermektedir. Ancak büyük farklılıklar olmayan modellerin karşıtırılmasında modelin kısmi bir bölgesi ya da tamamının karşıtırılmasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Limonas vd., 2024; Negm vd., 2024; O’Toole vd., 2019).

3B inspeksiyon ve metroloji amacıyla Geomagic Kontrol X programı (3D Systems, Amerika Birleşik Devletleri) sıklıkla kullanılmaktadır. Bu programda 3B referans model ve 3B test modeli arasında ilk olarak x,y,z düzlemlerinde referans model ile test modelini benzer konumlara getiren bir başlangıç hizalaması yapar. Ardından en uygun hizalama,

uygulayıcının tercihine göre referans bölge atanarak gerçekleştirilebilir (Lee vd., 2015; Vecsei vd., 2017).

Bu çalışmada çapraşıklığın mine arayüz aşındırma uygulama başarısına etkisinin tespiti amaçlanmıştır.



2. MATERİYAL METOT

2.1 ÖRNEKLEM BÜYÜKLÜĞÜ

G*Power programı kullanılarak yapılan Power analizi sonucunda aşınma miktarı (stripping) için effect size d (etki boyutu):0.180; standart sapması 0.12; Power:0.80 ve α :0.05 için tespit edilen örneklem sayısı minimum $n=246$ diş olarak saptandı. Çalışmamızın 264 termoplastik diş üzerinde yürütülmesi kararlaştırılmıştır.

2.2 DENEY ARAÇLARININ HAZIRLANMASI

Çalışmamızda standardizasyon oluşturabilmek adına farklı yerleşimde ve farklı materyallerle aşındırma uygulanması planlanan 264 adet termoplastik mandibular keser diş (Frasaco GmbH, Tettang, Almanya) kullanılmıştır.

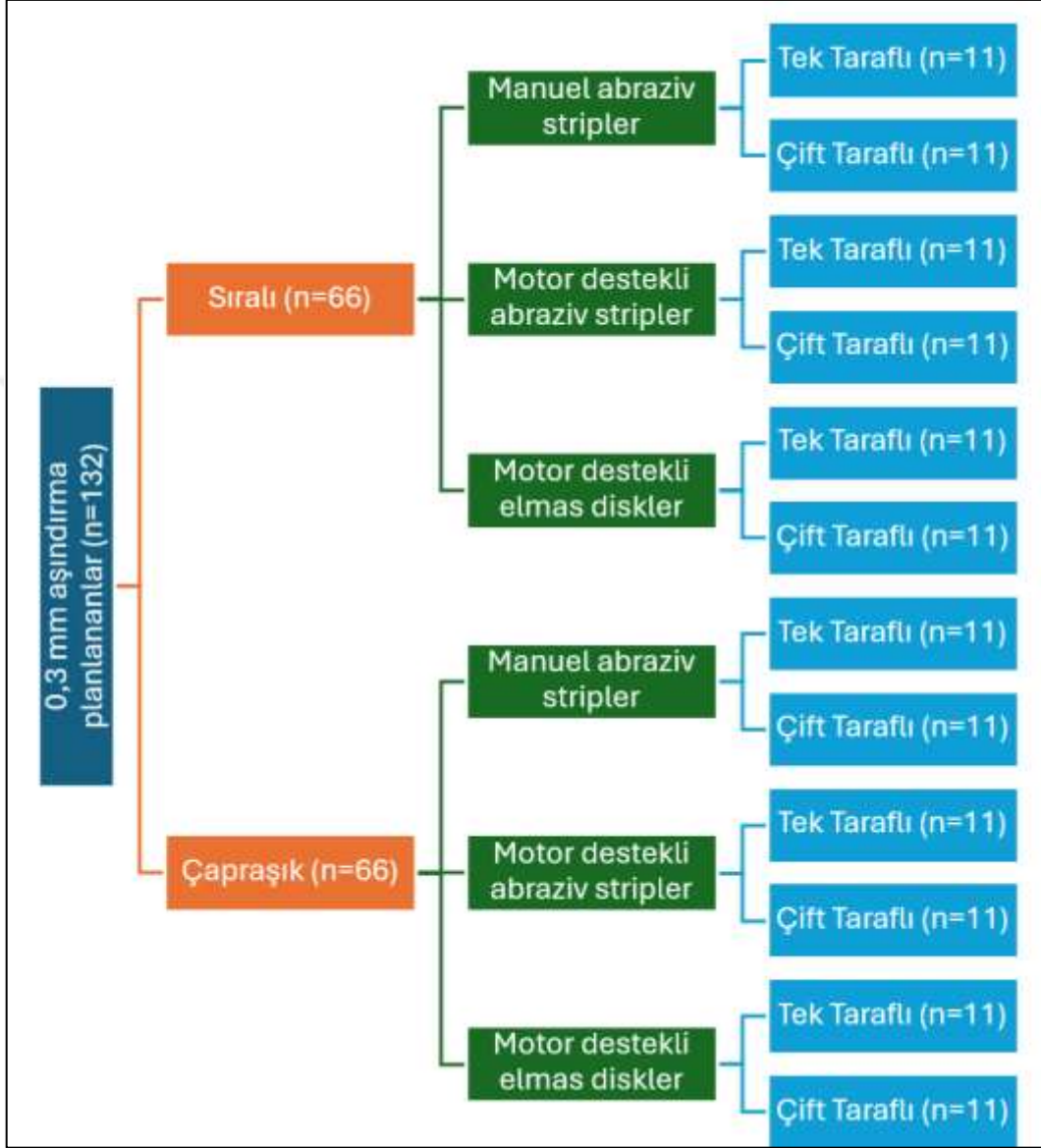
Dişler rastgele 4 gruba ayrılmıştır, bu gruplar aşağıdaki şekildedir:

- a. Grup: 0,3 mm aşındırma yapılacak seviyeli sıralanmış mandibular alt keserler (66 termoplastik diş) (Şekil 2.1)
- b. Grup: 0,3 mm aşındırma yapılacak çapraşık sıralanmış mandibular alt keserler (66 termoplastik diş) (Şekil 2.1)
- c. Grup: 0,5 mm aşındırma yapılacak seviyeli sıralanmış mandibular alt keserler (66 termoplastik diş) (Şekil 2.2)
- d. Grup: 0,5 mm aşındırma yapılacak çapraşık sıralanmış mandibular alt keserler (66 termoplastik diş) (Şekil 2.2)

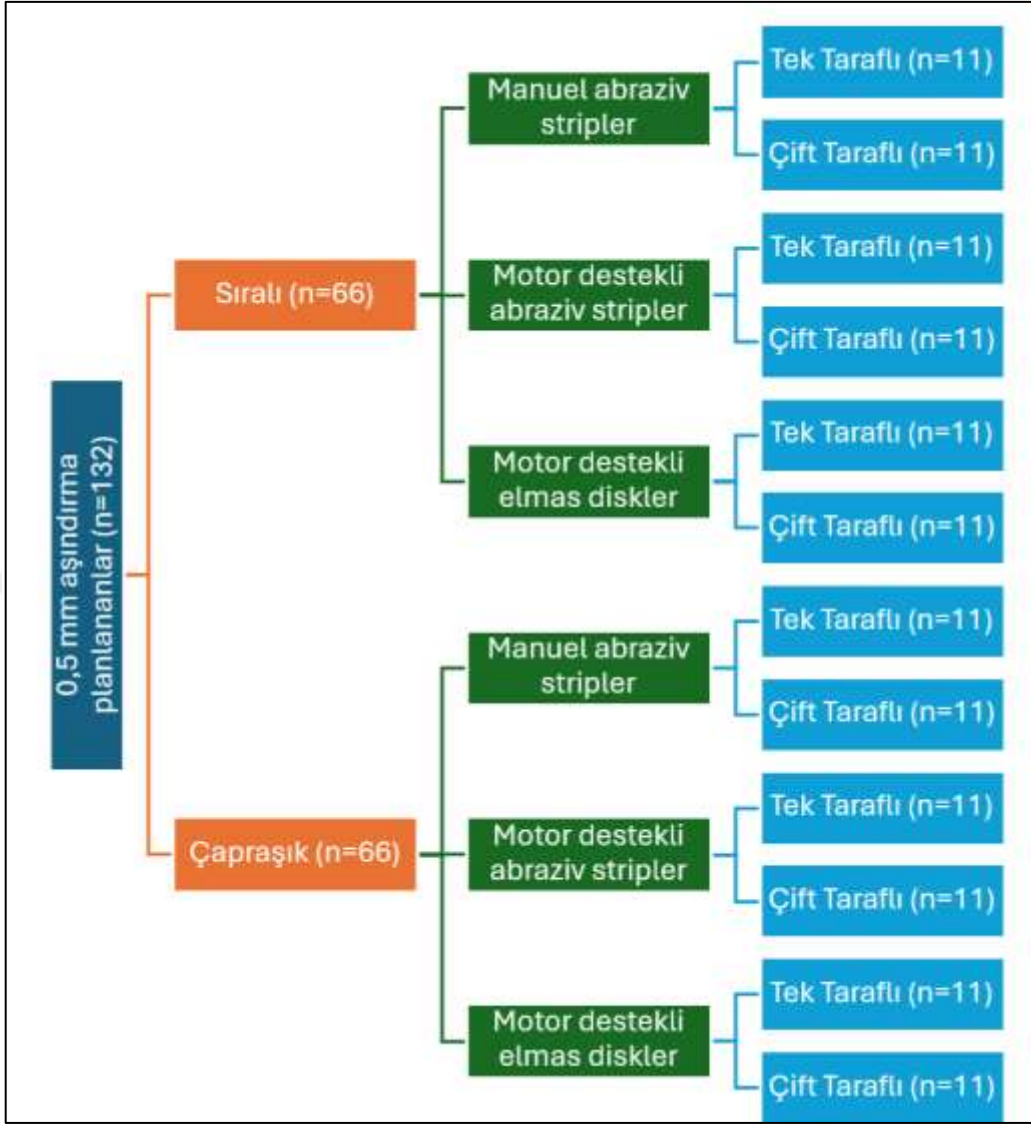
Grup içerisinde farklı aşındırma yöntemleri araştırılacağından her grup 6 alt gruba ayrılmıştır:

- i. Motor destekli tek taraflı elmas diskler (11 termoplastik diş)
- ii. Motor destekli çift taraflı elmas diskler (11 termoplastik diş)
- iii. Tek taraflı manuel abrasiv stripler (11 termoplastik diş)
- iv. Çift taraflı manuel abrasiv stripler (11 termoplastik diş)
- v. Motor destekli tek taraflı abrasiv stripler (11 termoplastik diş)
- vi. Motor destekli çift taraflı abrasiv stripler (11 termoplastik diş)

Gruplandırmanın daha iyi anlaşılması adına, örneğin b.v grubundaki 11 adet termoplastik diş: çapraşık yerleştirilmiş; 0,3 mm aşındırma planlanmış; aşındırmalar hedeflenen miktarda motor destekli tek taraflı abraziv stripler yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. 1: 0,3 mm Aşındırma Gruplandırma Şeması.



Şekil 2. 2: 0,5 mm Aşındırma Gruplandırma Şeması.

Arayüz aşındırması yapmak için dişler rehber bir akrilik içerisine yerleştirilmiştir. Bu işlem için otopolimerizan soğuk tamir akriliği (İntegra, Birleşik Grup Dental, Ankara) kullanılmıştır (Şekil 2.3). Seviyeli sıralanmış ve çapraşık sıralanmış dişler için kullanılacak olan bu akrilik Van Kirk İndeksi kullanılarak oluşturulmuştur. Van Kirk ve diğerlerinin çalışmasına göre dişlerin çapraşıklığının standart bir ifade yolu oluşturulabilmesi adına plastik özel bir cetvel yardımıyla dişlerin rotasyon ve yer değiştirme miktarlarını ölçmüş, bunlara skorlar vermiştir (Van Kirk, 1959).



Şekil 2. 3: Soğuk Tamir Akırılığı ve Hazırlanan Rehber Akrilik Bloklar.

Herhangi bir yer değiştirme ve rotasyon bulunmayan dişler ideal sıralanmış ve 0 skor kabul edilirken 45 derece altındaki rotasyonlar ve 1,5 mm altındaki yer değiştirme 1'er skor, 45 derece ve üstü rotasyonlar ve 1,5 mm ve üstü yer değiştirmeler 2'şer skor olarak ifade edilmiştir (Van Kirk, 1959).

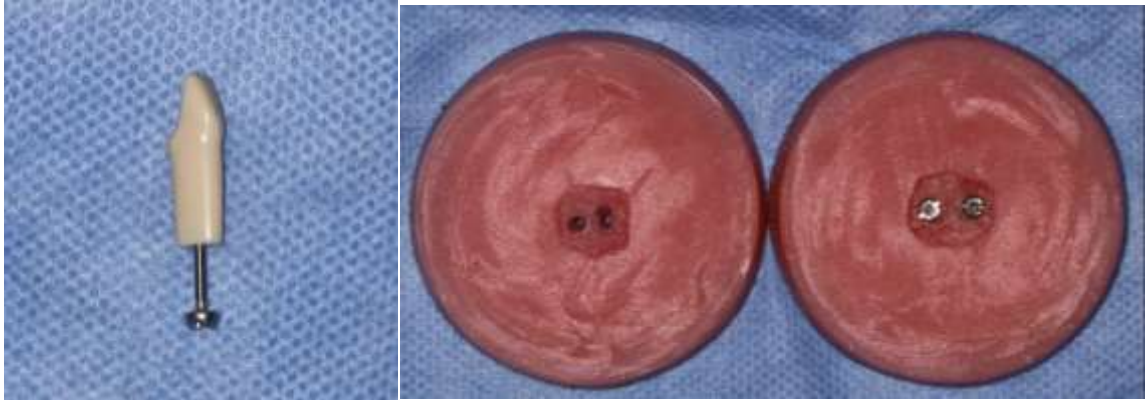
Çalışmamızda seviyeli sıralanmış dişler için rehber akrilikler 0 skorlamasına uygun şekilde iki diş birbirlerine temas edecek şekilde hizalı yan yana yerleştirilerek hazırlanmıştır.

Çapraşık dişler için rehber akrilik kalıp, dişlerin 45 dereceyi geçmeyecek şekilde açıldırılarak akrilik içerisine yerleştirilmesiyle oluşturulmuştur (Şekil 2.4). Bu rehber akrilik ile ağız içerisinde çapraşık mandibular keser dişlerin pozisyonlarının simülasyonu amaçlanmıştır.



Şekil 2. 4: Sıralı ve Çapraşık Dişler için Hazırlanan Rehber Akrilik Blokların Üstten Görünüşü.

Dişlerin rehber akrilikler içerisinde uygulanacak aşındırmalar sırasında hareketlerinin minimize edilmesi amacıyla kök bölgelerindeki vidalarının akriliklerde yuvaları korunmuştur (Şekil 2.5). Her aşındırma sırasında dişler akrilikteki yuvalarına vidalanmıştır.



Şekil 2. 5: Termoplastik Dişlerin Kök Bölgelerindeki Vidalar ve Rehber Akrilik Blokların Alttan Görünüşü.

2.3 BAŞLANGIÇ TARAMALARININ ALINMASI

Aşındırmaları yapmadan önce dişler numaralandırılmış ardından 3B tarayıcı (3shape, Kopenhag, Danimarka) (Şekil 2.6) yardımıyla taranmış, stl. formatında kaydedilmiştir.



Şekil 2. 6: 3B Tarayıcı.

Başlangıç taramaları, Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Bölümü Kliniğinde, 3Shape TRIOS 3 (3shape, Kopenhag, Danimarka) cihazıyla yapılmıştır. Tarama sırasında görüntülerin rahat alınabilmesi ve dişi sabit tutabilmek amacıyla Frasco dişlerinin kök bölümünde bulunan vidalardan yardım alınmıştır (Şekil 2.7).



Şekil 2. 7: Tarama Sırasında Dişin Elde Tutuluşu.

Her diş için “Yeni Hasta” sekmesinden “Yeni vaka” seçilmiş dişler mandibular çene bölümünde taranmıştır. Tarama tüm dişler için aynı uygulayıcı (S.K.) tarafından ortalama diş başına 250-350 image ile tamamlanmış ardından dişlerin tarama sırasında istenmeyen kısımları “Kes” seçeneği ile uzaklaştırılmıştır. Oluşturulan verilerin (stream data) .stl ya da .ply formatında kaydedilebilmesi için “Son İşlem” yapılmıştır. Her diş stl. Formatında diş numaralarıyla kaydedilmiştir.

2.4 AşINDIRMA UYGULANMASI

Rehber akriliklere yerleştirilen 2 mandibular keser dişlerin arayüzlerinden biri aşındırma blėesi olarak seçilmişken diğeri karşıt dişte uygulanması amaçlanmayan hata blėesi olarak değerlendirilmiştir.

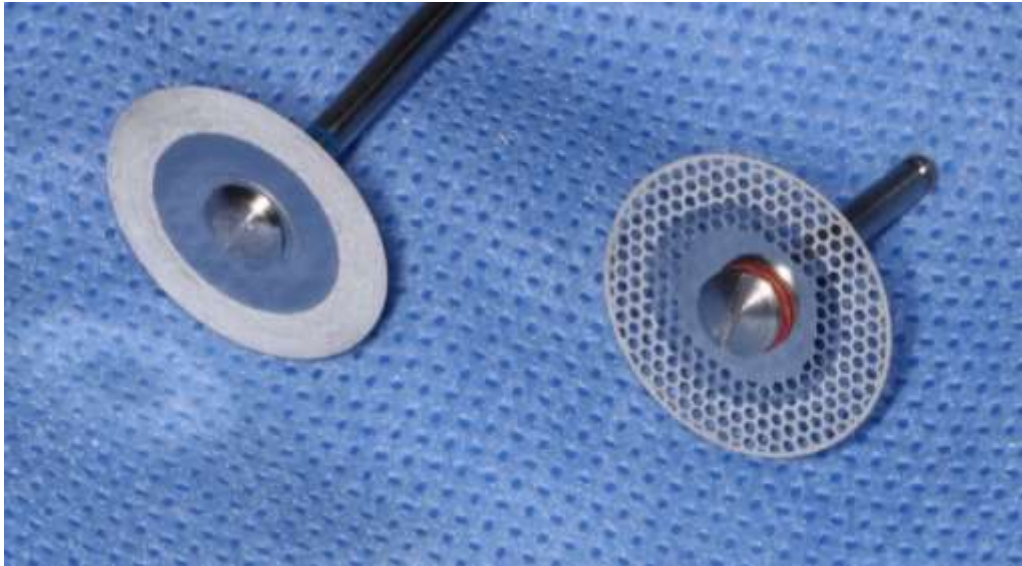
Bir grupta bulunan 11 adet dişin 11 arayüz aşındırması yapılabilmesi için dişlerin hem mezial hem distal yüzeyleri deney alanına getirilmiştir. 3.1. numaralı 264 dişin distal blėeleri, aşındırma blėesi; mezial blėeleri, hata blėesi olarak belirlenmiş dişler rehber akrilik içerisinde buna göre yerleştirilmiştir. Aşındırmalar, aşındırma planlanan dişin distal blėesinde hedeflenen miktara ulaşılana kadar gerçekleştirilmiştir. Her grup için yeni materyal kullanılmıştır.

Rehber akrilik üzerine aşındırma yöntemleri her yöntem için kendi üretici firmalarının önerilerine uygun şekilde kullanılmıştır. Tüm arayüz aşındırma ve ölçümler aynı uygulayıcı (S.K.) tarafından gerçekleştirilmiştir. Aşındırma materyalleri hedeflenen aşınma blėesine hafif baskı ile kullanılmıştır. Materyalin fazla basınç ile uygulanması kırılma riskini arttırabilmektedir (Pindoria vd., 2016). Yapılan aşındırma miktarları (0,3 mm ve 0,5 mm) standardize edilebilmesi için uygulama sırasında interproksimal boşluk ölçüm cetveliyle kontrol sağlanmıştır (şekil 2.8).



Şekil 2. 8: Akrilik Blokların Mengene Yardımıyla Sabitlenmesi.

Arayüz aşındırma için çift ve/veya tek tarafı elmas kaplı perfore diskler (Komet, 8934 A.180 ve 911 HV 180, GmbH, Almanya) (Şekil2,9) 0,15 mm kalınlığında 180 mm çapındadır. Belirlenen 0,3 ve 0,5 mm aşındırma işlemi aşındırma diskleri ile üretici firma önerisi ile 5000 rpm devir hızı ile uygulanmıştır.



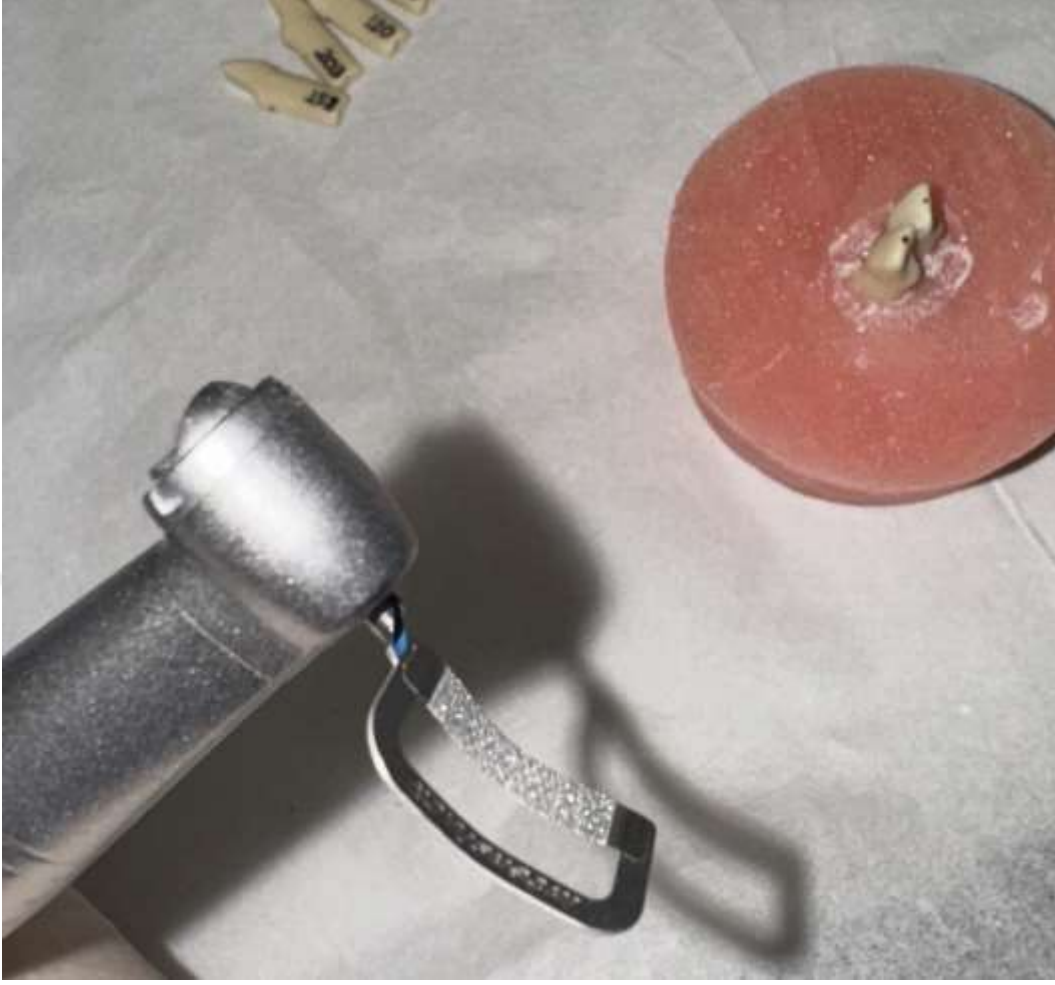
Şekil 2. 9: Tek/Çift Taraflı Elmas Diskler.

Motor destekli abraziv stripler (Intensiv SA, İsviçre) üretici firma önerisiyle arayüz aşındırmasında başlangıçta 0,8 mikronluk kontak nokta açıcı abraziv ucu (Intensiv Ortho-Strips Opener, Ref. OS08OP) ile ardından 80 mikronluk redüksiyon ucu (Intensiv Ortho-Strips Coarse, Ref. OS8OC) olacak şekilde kullanılmıştır (Şekil 2.10). Bu abraziv stripler maksimum 40.000 rpm’de 20.000 salınım hareketi ve 1,8 mm’lik resiprokal hareket gerçekleştirmektedir. Çalışmamızda firma önerisiyle abrazivler 20.000 rpm’de uygulanmıştır. Firma önerisinde sırasıyla kullanılan cila ve bitirme uçları çalışmamızda diğer aşındırma yöntemleriyle karşılaştırmada standardizasyonu bozmamak için kullanılmamıştır.



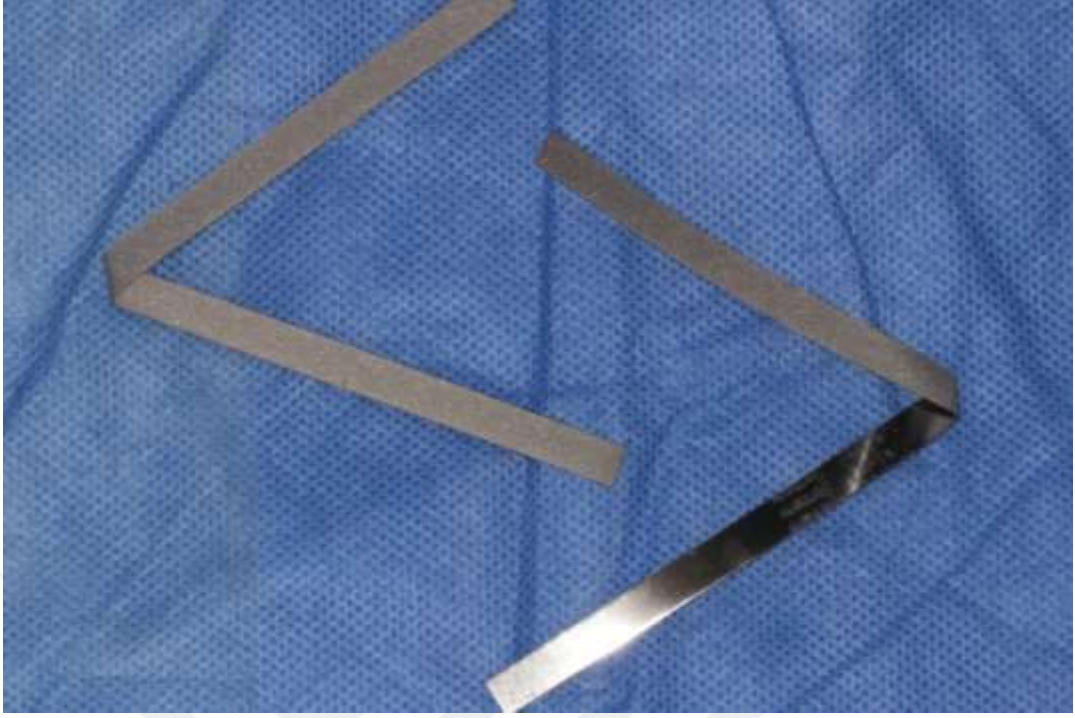
Şekil 2. 10: Motor Destekli Abraziv Kiti.

Aşındırma cetveli; 0,8 mikronluk kontak nokta açıcı abraziv ucu; 80 mikronluk redüksiyon ucu; angldruva (Intensiv SA, İsviçre)



Şekil 2. 11: Motor Destekli Abraziv Strip ve Çapraşık Dişlerde Kullanım Şekli.

Tek taraflı ve çift taraflı manuel abrazyivler (Sunshine Diamonds, Hopf GmbH & Co, Almanya), dişler vidalandıktan sonra akrilikler masaya bir mengene yardımıyla sabitlenmiştir. Akrilik bloğun zarar görmesini ve hareket etmesini engellemek için peçete kullanılmıştır. Gruptaki her dişi için yeni aşındırma şeridi, yatay olarak ileri geri hareketler yapılarak kullanılmıştır. Çapraşık dişlerde uygulanacak basınç kontak noktasına olacak şekilde manuel abrazyivler manipüle edilmiştir. Benzer şekilde çapraşık dişlerde motor destekli abrazyiv stripler kullanılırken de dişlerin arayüzünde etkin aşındırma yapabilmek için abrazyiv uç çapraşıklığa uyumlu şekilde bükülmüştür (Şekil 2.11).



Şekil 2. 12: Çift ve Tek Taraflı Manuel Abrasiv Bantlar (Sunshine Diamonds, Hopf GmbH & Co, Almanya).

2.5 AŞINDIRMA SONRASI TARAMALARIN ALINMASI

Aşındırma yapılan dişlerin final taramaları için yine Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Bölümü Kliniğinde, 3Shape TRIOS 3 (3shape, Kopenhag, Danimarka) cihazıyla yapılmıştır. Tarama yöntemi elde edilen verinin tutarlılığını etkileyebileceği için tüm taramalarda tarayıcı başlığı aynı teknik ile kullanılmıştır (Zarone vd., 2020). Dişlerin kök kısımlarına vidalar takılıp bu vidalardan tutularak taramalar yine aynı uygulayıcı tarafından gerçekleştirilmiştir. Her grup için “Yeni Hasta” sekmesi kayıt bilgileri gerektiği şekilde doldurulmuş ardından her diş için “Yeni vaka” sekmesi seçilerek dişler mandibular çene bölümünde taranmıştır. Tarama verileri ortalama diş başına 250-350 image ile tamamlanmış ardından dişlerin tarama sırasında istenmeyen kısımları “Kes” seçeneği ile uzaklaştırılmıştır. Oluşturulan verilerin (stream data) .stl ya da .ply formatında kaydedilebilmesi için “Son İşlem” yapılmıştır. Her diş stl. Formatında diş numaralarıyla kaydedilmiştir.

2.6 GEOMAGIC KONTROL X İLE REFERANS MODEL OLUŞTURMA VE ÇAKIŞTIRMA

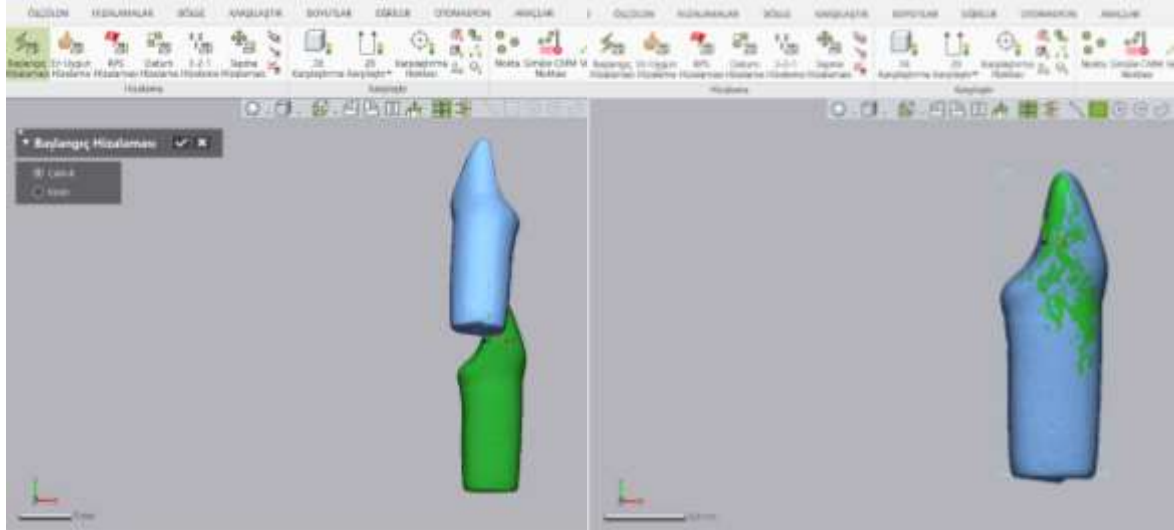
Aşındırma öncesi ve sonrası çakıştırma 264 diş için aynı şekilde yapılması gerektiğinden Geomagic Kontrol X programı üzerinde bir şablon oluşturulması gerekmektedir. Bu şablon için rastgele bir dişin aşındırma öncesi hali “referans veri” olarak seçilip program üzerinde açılarak referans konum ve düzlemler oluşturulmuştur.

Referans diş uzayda:

- X düzlemi mezio-distal yönü
- Y düzlemi insizo-gingival yönü
- Z düzlemi bukko-lingual yönü

İfade edecek şekilde hizalanmıştır.

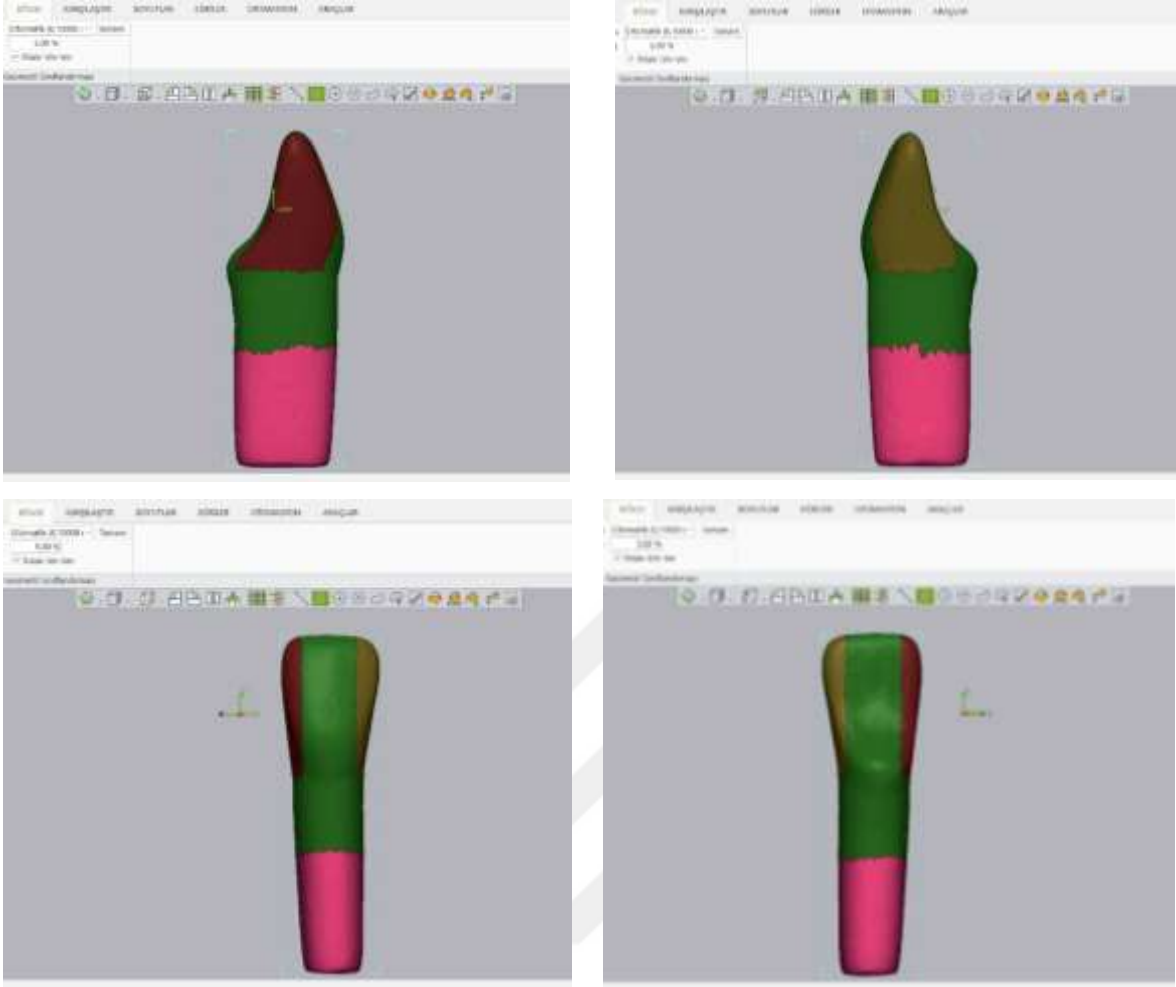
Referans diş ile aşındırma sonrası alınan tarama modelleri ayrı ayrı program üzerinde olarak “Başlangıç Hizalaması” yardımıyla uzayda referans dişe göre pozisyonlandırılmışlardır (Şekil 2.13).



Şekil 2. 13: Dişlerin Başlangıç Hizalanması (Geomagic Kontrol X).

Referans diş yeşil renkte, aşındırma sonrası oluşturulan 3B model mavi renktedir.

Ardından “En Uygun Hizalama” (best fit alignment) ile final çakıştırma yapılmadan önce dişin aşındırma yapılan bölgeleri çakıştırma doğruluğunu etkilememesi için programın bölge sekmesinden referans dişte çakıştırma rehber bölgesi oluşturulmuştur (Şekil 2.14).

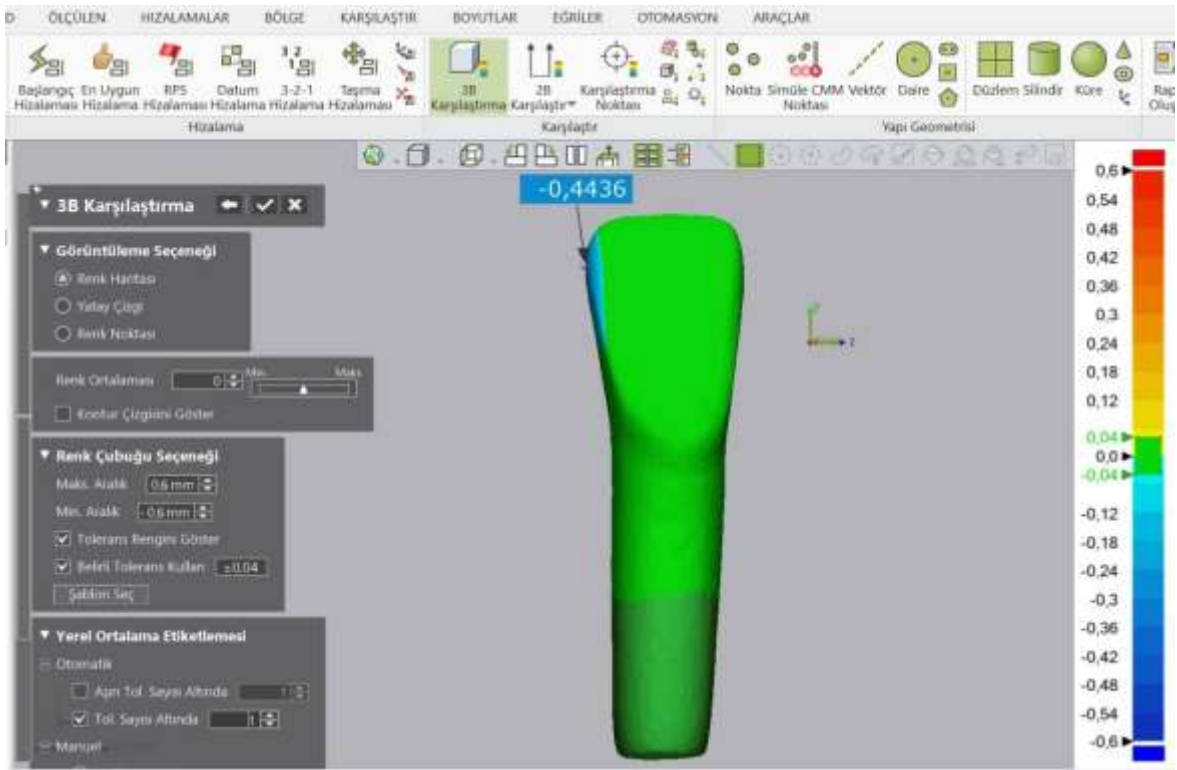


Şekil 2. 14: Çakıştırma için Referans Bölge Oluşturma (Geomagic Kontrol X).

Referans bölge koyu yeşil; aşındırma bölgeleri, bordo, kahverengi; analiz dışı bırakılan bölge pembe renktedir.

Şekil 2.14’de gösterilen koyu yeşil bölgede dişlerin en uygun hizalaması yapılmıştır (Şekil 2.15). Referans dişte belirlenen bölge sayesinde aşındırma yapılan bölgeler çakıştırma doğruluğunu arttıracak şekilde etkisiz hale getirilmiştir.

3B karşılaştırma sekmesinden dişlerin çakıştırma yapılan ve aşındırma yapılan bölge verileri kullanılarak ölçümler yapılmış olup renk haritası program yardımıyla çıkarılmıştır (Şekil 2.17). Bu renk haritası maksimum 0,6 mm, minimum -0,6 mm olacak şekilde sırasıyla kırmızıdan maviye haritalandırılmış, tolerans aralığı $\pm 0,04$ mm olarak belirlenmiştir. Bu $\pm 0,04$ mm aralığındaki sapmaların renk haritasında yeşille ifade edileceği anlamına gelmektedir. Toleransın altındaki veya üstündeki noktalar program tarafından otomatik işaretlenebilmektedir. Yapılan aşındırma miktarını ve hata bölgesindeki istenmeyen aşındırma miktarı görülmek istendiğinden toleransın altındaki noktaların diş üzerinde etiketlenmesi programa komuta edilmiştir (Şekil 2.16).

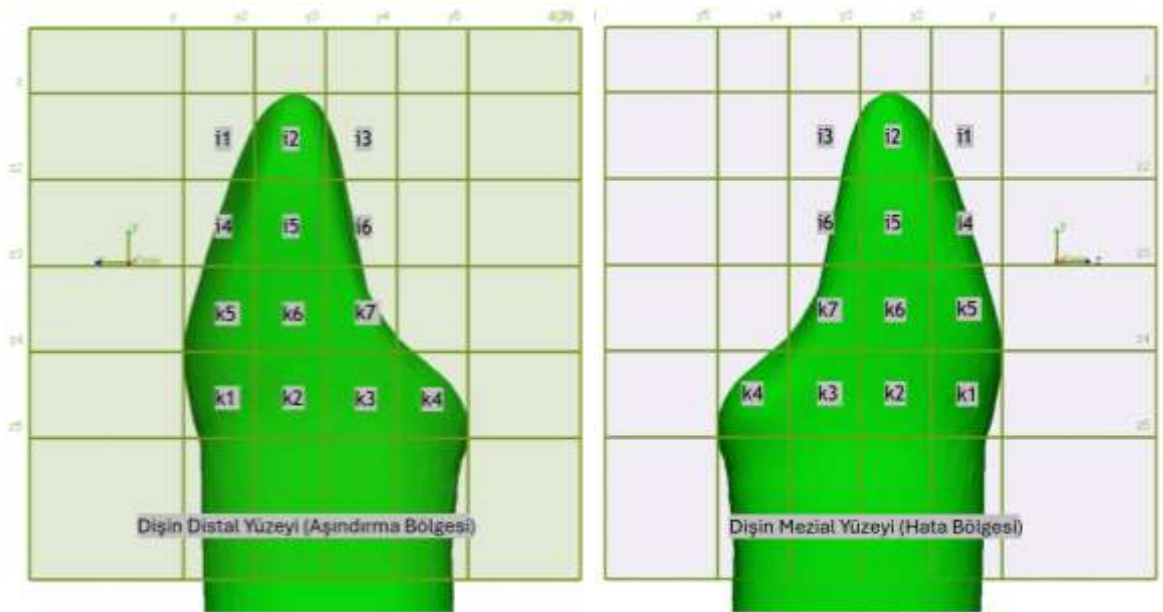


Şekil 2. 17: Çakıştırma Seçeneklerinin Programa Komuta Edilmesi.

Renk haritası maksimum +0,6 mm minimum -0,6 mm ve tolerans aralığı $\pm 0,04$ mm ayarlanmıştır.

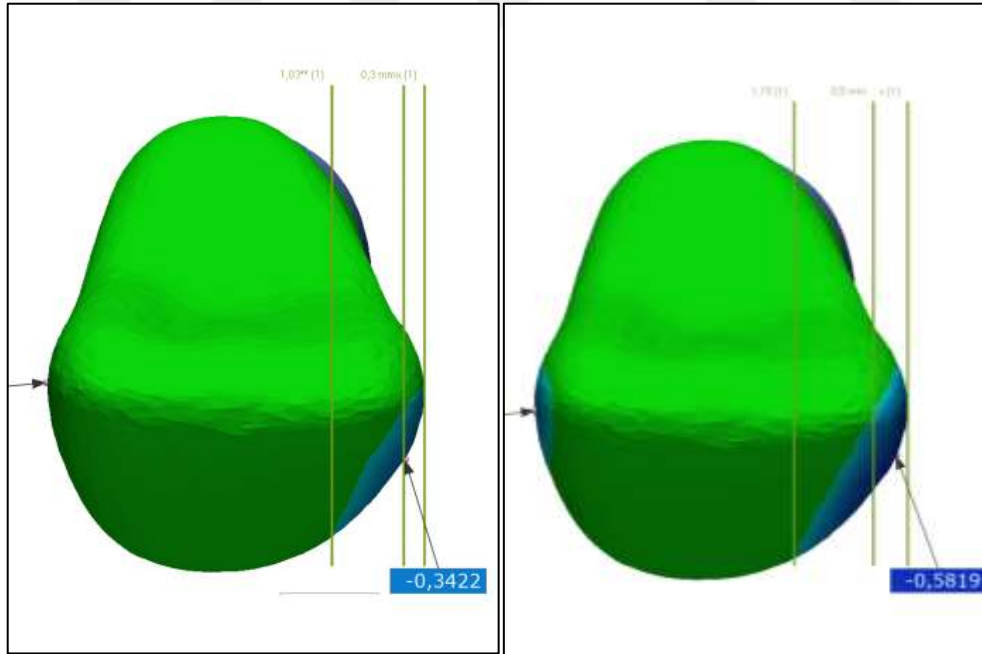
Daha sonra dişlerin aşındırma bölgesi, aşındırma miktarı, hata bölgesi, hata miktarı, bukkale taşıma miktarı verilerinin kaydedilebilmesi için x,y,z düzlemlerinde rehber düzlemler eklenmiştir. Tanımlar konusunda açık olabilmek adına bahsedilen bölge ve değerlerin açıklamaları aşağıdaki gibidir:

- Aşındırma bölgesi: Yan yana yerleştirilmiş iki dişten aşındırma planlanan dişin iki dişin arayüzüne bakan yüzeyi. Dişin distal yüzeyi. (Şekil 2.18)
- Hata bölgesi: Yan yana yerleştirilmiş iki dişten aşındırma planlanmayan dişin iki dişin arayüzüne bakan yüzeyi. Dişin mezial yüzeyi. (Şekil 2.18) Aşındırma ve hata bölgesi programda x düzlemi boyunca oluşturulan rehber düzlemler yardımıyla bölümlere ayrılmıştır. Bu düzlemler dişin mezial ya da distalinden bakıldığında bukkaline ve lingualine teğet olacak şekilde iki düzlem arası eşit 4 parçaya; insizaline teğet ve kolesinden geçecek şekilde de 4 eşit parça olmak üzere yüzeyi bölümlere ayırmıştır. Bölümler isimlendirilerek yapılan aşındırmaların tepe noktasının dişin distal yüzeyinde hangi bölümünde konumlandığı; hata ile yapılan aşındırmaların da mezial yüzeyde dişin hangi bölümünde konumlandığı ifade edilebilmektedir. Her diş için aşınma tepe noktası bölgesi ve eğer varsa hata tepe noktası bölgesi kaydedilmiştir.
- Aşınma tepe noktası bölgesi: Aşındırma bölgesinde aşınan alanın en derin noktasının konumlandığı bölge.
- Hata tepe noktası bölgesi: Hata bölgesinde aşınan alanın en derin noktasının konumlandığı bölge.
- Çalışmamızda orta bölge i2, i5, k6, k2; bukkal bölge i1, i4, k5, k1; lingual bölge i3, i6, k7, k3, k4 olarak gösterilmiştir.

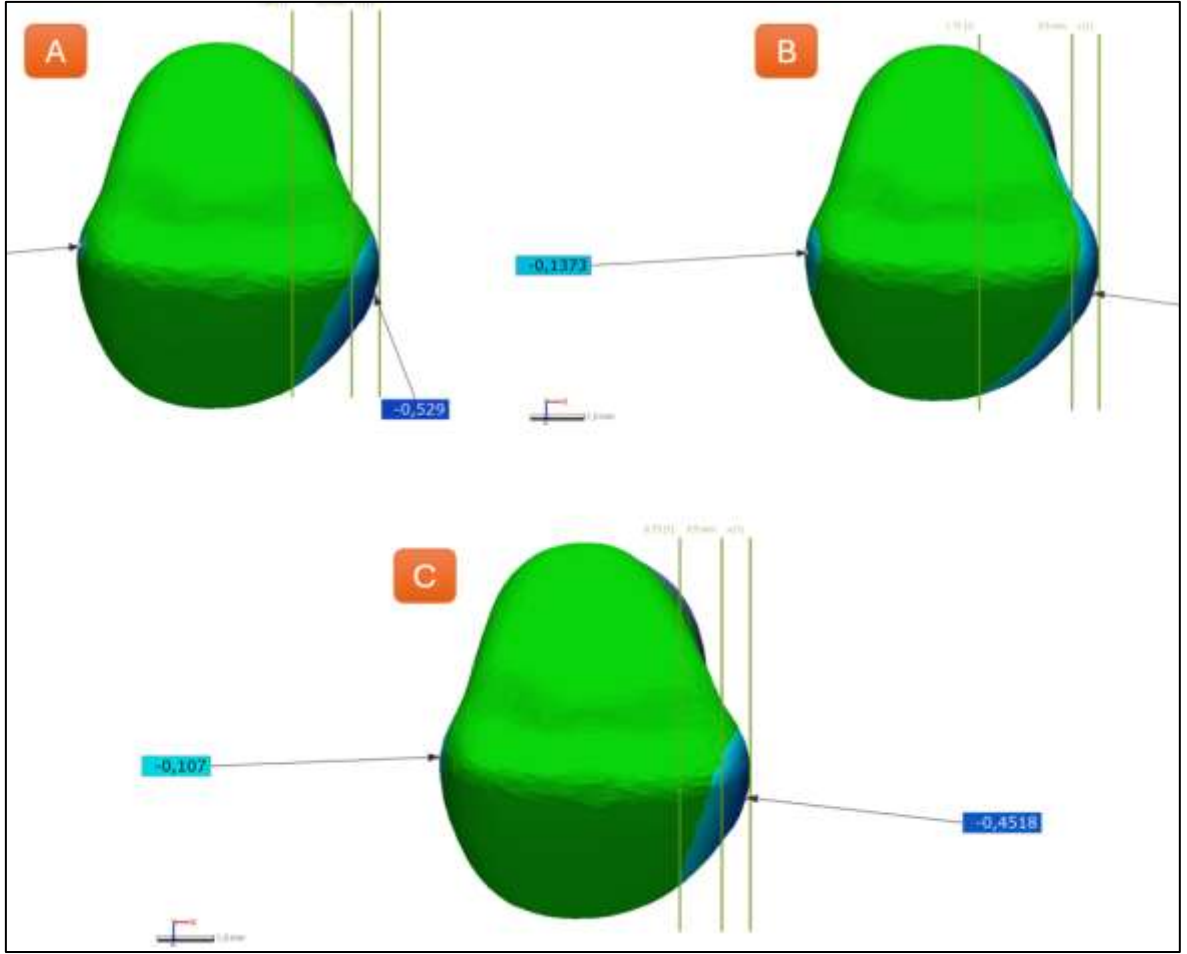


Şekil 2. 18: Aşındırma ve Hata Bölgeleri.

- a. Aşındırma miktarı: Arayüzde aşındırma planlanan dişte program yardımıyla ölçülen tolerans sayısı altındaki değer.
- b. Hata miktarı: Arayüzde aşındırma planlanmayan dişte program yardımıyla ölçülen tolerans sayısı altındaki değer.
- c. Bukkale taşma miktarı: Çapraşık yerleştirilmiş dişlere çakıştırma sonrası oklüzalden bakıldığında dişin hedeflenen miktarın üzerinde en uzak noktasında kalan aşındırma noktasına hedeflenen aşındırma doğrusunun dikey uzaklığıdır (Şekil 2.19). Bukkale taşma miktarının ölçülebilmesi için rehber doğrulara ihtiyaç vardır. Dişe oklüzalden bakıldığında distaline teğet bir doğru eklenir, teğet doğrunun planlanan aşındırma miktarı uzaklığında meziale bir doğru daha eklenir bu doğruya aşındırma doğrusu diyelim. Bu iki düzlem arası kalan bölge aşındırma planlanan bölgeyi temsil eder. Çapraşık dişlerin açısı nedeniyle bu aşındırma bölgesinin dışına taşan aşındırmanın sayısal olarak değerlendirilebilmesi için aşındırmanın en mezial noktasına bir teğet daha çizilir buna da bukkale taşma doğrusu diyelim. Bukkale taşma doğrusu ile aşındırma doğrusu arasındaki dik uzaklık bize bukkale taşma miktarının sayısal değerini temsil eder.

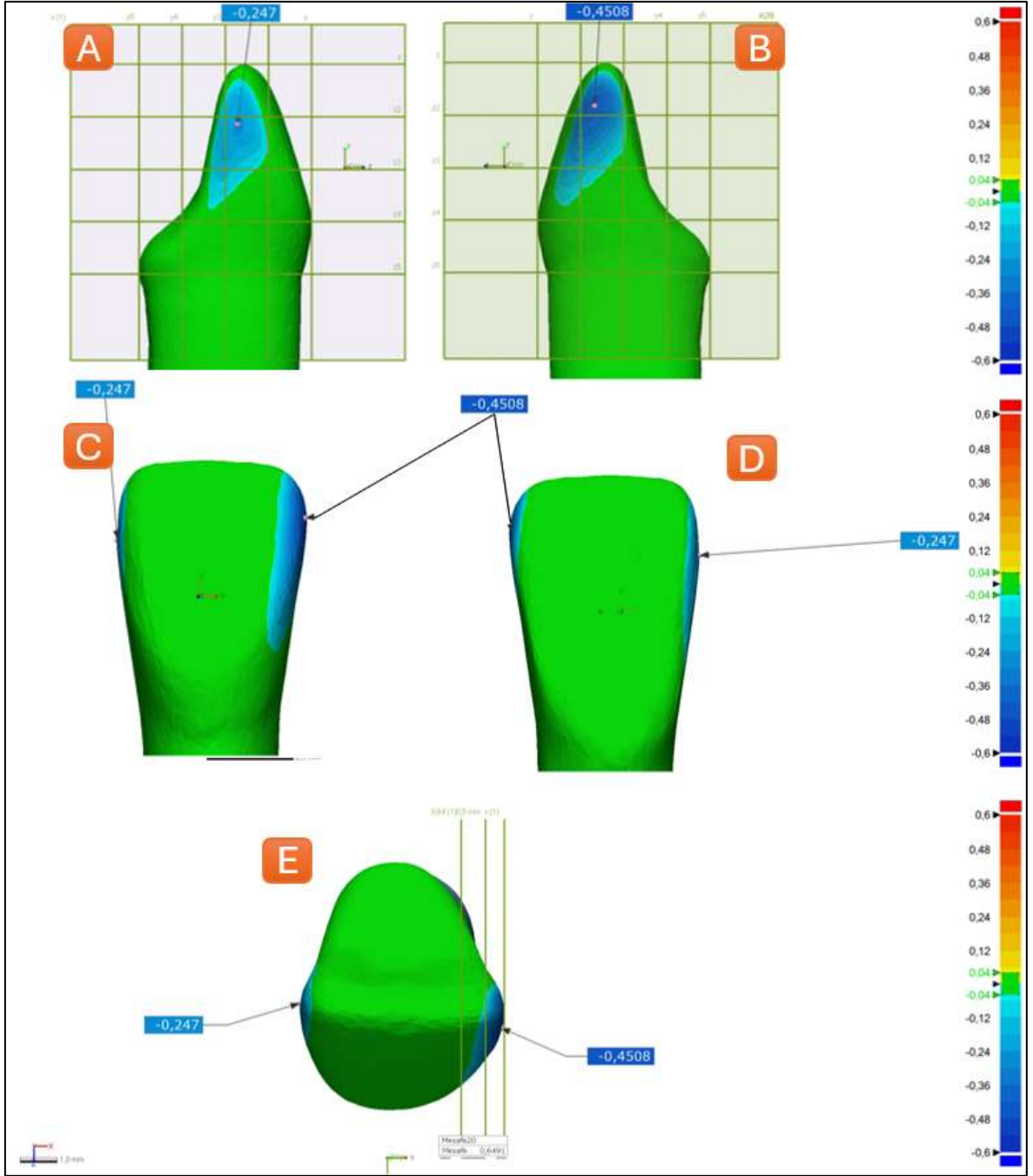


Şekil 2. 19: Oklüzal Görünümden Bukkale Taşma Miktarı Ölçümü için Rehber Düzlemlerin Görüntüsü. (0,3 ve 0,5)



Şekil 2. 20: Elmas Disk (A), Manuel Abrasiv (B), Motor Destekli Abrasiv (C) Kullanılarak Aşındırılmış Diş Örnekleri (Oklüzal Görünüm).

Oluşturulan bu ön şablon sayesinde 264 diş için 264 çakıştırma standart olarak gerçekleştirilmiş her diş için değerler kaydedilmiştir.



Şekil 2. 21: Veri Raporu Örneği.

A)Hata bölgesi, mezial görünüm; B)Aşınma bölgesi, distal görünüm; C)Bukkal görünüm;
D)Lingual görünüm; E)Oklüzal görünüm

Raporda çapraşık yerleşimli motor destekli abrazyivlerle 0,5 mm aşınma hedeflenmiş diş örneği bulunmaktadır. 3B analiz yardımıyla renk haritası çıkartılmıştır (Max: +0,6mm; Min: -0,6mm; Tolerans: $\pm 0,04$ mm) Koyu mavi ile gösterilen en derin aşınma noktası (-0,4508 mm) açık mavi ile gösterilen hata en derin noktasıdır (-0,247 mm). Aşınma tepe noktası (B) ve hata tepe noktası (A) için kullanılan rehber düzlemler sayesinde bölgesel tespit yapılmıştır. Oklüzal görünümde bukkale taşıma miktar ölçümü yapılmıştır (0,6491 mm) (E).

2.7 İSTATİSTİKSEL İNCELEMELER

İstatistiksel analizler için NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 (Kaysville, Utah, USA) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotları (Ortalama, Standart Sapma, Medyan, Frekans, Oran, Minimum, Maksimum) kullanıldı. Grup karşılaştırmalarında Independent sample testi ve One Way Anova testi kullanıldı. Ölçümler arası ilişkiyi belirlemek için Pearson Correlation testi kullanıldı. Anlamlılık $p<0.01$ ve $p<0.05$ düzeylerinde değerlendirildi.



3. BULGULAR

Tablo 3. 1: Demografik Bilgilerin Dağılımı

		n	%
<i>Materyal</i>	<i>Elmas Disk</i>	88	33,3
	<i>Motor destekli abrazyiv strip</i>	88	33,3
	<i>Manuel abrazyiv strip</i>	88	33,3
<i>Hedeflenen Miktar</i>	<i>0,3</i>	132	50,0
	<i>0,5</i>	132	50,0
<i>Yön</i>	<i>Tek</i>	132	50,0
	<i>Çift</i>	132	50,0
<i>Yerleşim</i>	<i>Sıralı</i>	132	50,0
	<i>Çapraşık</i>	132	50,0
		Mean±Sd	Min-Max (Median)
<i>Aşındırma Miktarı (mm)</i>		0,38±0,14	0,06-0,85 (0,37)
<i>Hata Miktarı (mm)</i>		0,08±0,08	0-0,49 (0,07)
<i>Bukkale Taşma Miktarı(mm)</i>		0,58±0,65	0-2,42 (0,27)
<i>Hedeflenene Ulaşma Miktarı (mm)</i>		-0,02±0,11	-0,36-0,55 (-0,03)

3.1 HEDEFLENENE ULAŞMA BULGULARI

Tablo 3. 2: Materyale Göre Hedeflenene Ulaşma Miktarının Değerlendirilmesi

	Materyal						^b <i>p</i>
	Elmas Disk		Motor destekli abrazyiv		Manuel abrazyiv		
	(n=88)		(n=88)		(n=88)		
	Mean±Sd	Min-Max (Median)	Mean±Sd	Min-Max (Median)	Mean±Sd	Min-Max (Median)	
<i>Hedeflenene</i>							
<i>Ulaşma</i>	-0,01±0,11	-0,24-0,55 (-0,01)	-0,01±0,1	-0,25-0,28 (-0,03)	-0,03±0,11	-0,36-0,18 (-0,05)	<i>0,367</i>
<i>Miktarı (mm)</i>							

^bOne-Way Anova Testi

Materyale göre hedeflenene ulaşma miktarları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$).

Tablo 3. 3: Yerleşime Göre Hedeflenene Ulaşma Miktarının Değerlendirilmesi

	Yerleşim				^a <i>p</i>
	Sıralı (n=132)		Çapraşık (n=132)		
	Mean±Sd	Min-Max (Median)	Mean±Sd	Min-Max (Median)	
<i>Hedeflenene Ulaşma Miktarı (mm)</i>	-0,08±0,08	-0,36-0,14 (-0,08)	0,04±0,1	-0,25-0,55 (0,04)	0,001**

^aIndependent Sample T Testi

**p<0,01

Yerleşime göre hedeflenene ulaşma miktarları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (p=0,001; p<0,01). Yerleşim yeri çapraşık olanlarda daha yüksek bulunmuştur.

3.2 HATA MİKTARI BULGULARI

Tablo 3. 4: Hata Miktarı ile Aşındırma Miktarı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Hata miktarı (mm)		
Aşındırma miktarı	r	-0,058
(mm)	p	0,344

r=Pearson Correlation

Hata miktarı ile aşındırma miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (p>0,05).

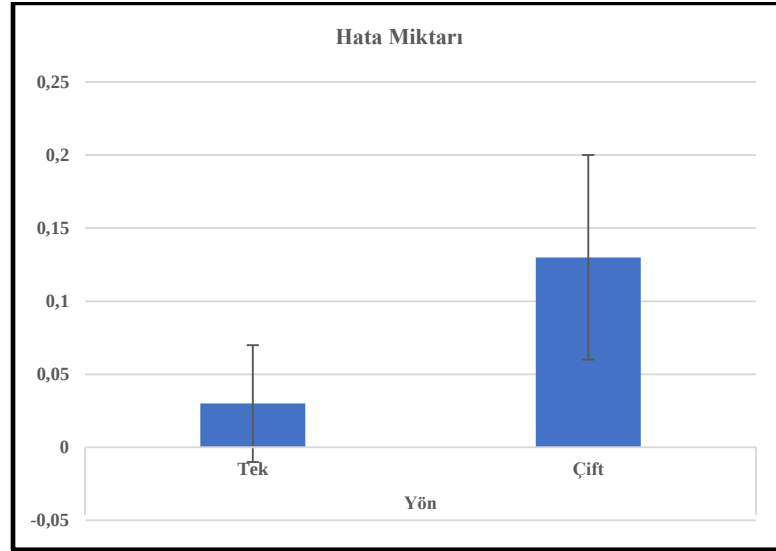
Tablo 3. 5: Yöne Göre Hata Miktarlarının Değerlendirilmesi

	Yön				^a <i>p</i>
	Tek (n=132)		Çift (n=132)		
	Mean±Sd	Min-Max (Median)	Mean±Sd	Min-Max (Median)	
<i>Hata Miktarı (mm)</i>	0,03±0,04	0-0,17 (0)	0,13±0,07	0-0,49 (0,12)	0,001**

^aIndependent Sample T Testi

**p<0,01

Yöne göre hata miktarları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (p=0,001; p<0,01). Yönü çift olanlarda hata miktarı daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 3. 1: Yöne Göre Hata Miktarlarının Değerlendirilmesi.

3.3 BUKKALE TAŞMA BULGULARI

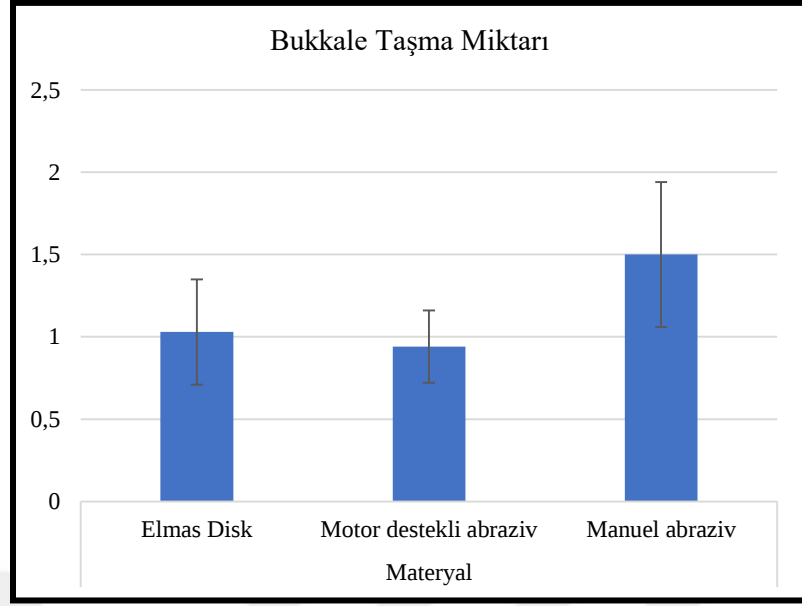
Tablo 3. 6: Çapraşık Dişlerde; Materyallere Göre Bukkale Taşma Miktarının Değerlendirilmesi

	Materyal						^b <i>p</i>
	Elmas Disk		Motor destekli abraziv		Manuel abraziv		
	(n=88)		(n=88)		(n=88)		
	Mean±Sd	Min-Max (Median)	Mean±Sd	Min-Max (Median)	Mean±Sd	Min-Max (Median)	
<i>Bukkale</i>							
<i>Taşma</i>	1,03±0,32	0-1,82 (1,04)	0,94±0,22	0,62-1,55 (0,97)	1,50±0,44	0-2,42 (1,51)	<i>0,001**</i>
<i>Miktarı (mm)</i>							

^bOne-Way Anova Testi

**p<0,01

Materyale göre bukkale taşma miktarı istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (p=0,001; p<0,01). Yapılan ikili karşılaştırmalara göre manuel abraziv materyalinin bukkale taşma miktarının, Elmas Disk (p=0,001) ve motor destekli abraziv (p=0,001) materyallerinden yüksek olması anlamlı bulunmuştur. Diğer materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0,01).



Şekil 3. 2: Çapraşık Dişlerde; Materyallere Göre Bukkale Taşma Miktarının Değerlendirilmesi.

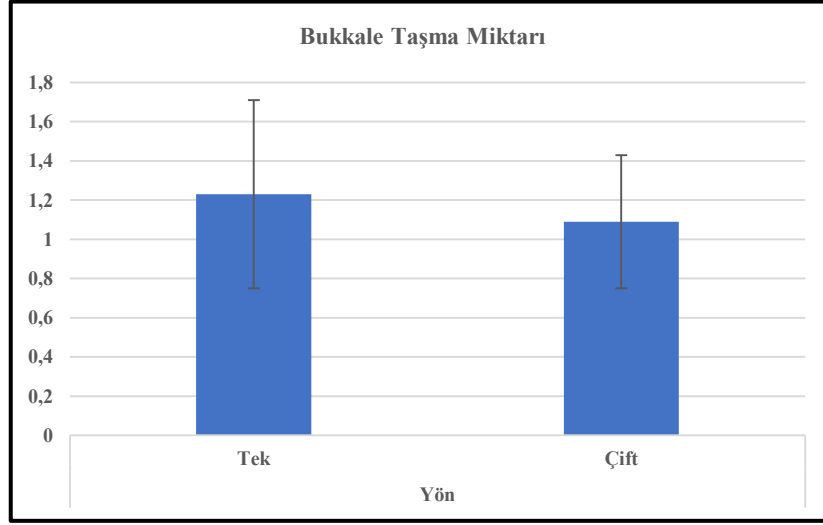
Tablo 3. 7: Çapraşık Dişlerde; Yöne Göre Bukkale Taşma Miktarının Değerlendirilmesi

	Yön				^a p
	Tek (n=132)		Çift (n=132)		
	Mean±Sd	Min-Max (Median)	Mean±Sd	Min-Max (Median)	
Bukkale Taşma Miktarı (mm)	1,23±0,48	0-2,42 (1,08)	1,09±0,34	0-1,82 (1,04)	0,045*

^aIndependent Sample T Testi

**p<0,01

Çapraşık dişlerde; yöne göre bukkale taşma miktarı istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (p=0,001; p<0,01). Yönü tek olanlarda bukkale taşma miktarı daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 3. 3: Çapraşık Dişlerde; Yöne Göre Bukkale Taşma Miktarının Değerlendirilmesi.

Tablo 3. 8: Çapraşık Dişler ve Materyallerde; Yöne Göre Bukkale Taşma Miktarının Değerlendirilmesi

		Yön				
		Tek (n=132)		Çift (n=132)		
		Mean±Sd	Min-Max (Median)	Mean±Sd	Min-Max (Median)	^a p
<i>Elmas Disk</i> (n=88)	<i>Bukkale Taşma</i> <i>Miktarı (mm)</i>	1,10±0,39	0-1,82 (1,07)	0,96±0,22	0,47-1,27 (1,02)	0,143
<i>Motor destekli</i> <i>abraziv (n=88)</i>	<i>Bukkale Taşma</i> <i>Miktarı (mm)</i>	1,05±0,23	0-1,55 (1,04)	0,83±0,15	0,62-1,10 (0,76)	0,001**
<i>Manuel abrazyiv</i> (n=88)	<i>Bukkale Taşma</i> <i>Miktarı (mm)</i>	1,54±0,60	0-2,42 (1,27)	1,47±0,19	0,97-1,82 (1,45)	0,638
^a Independent Sample T Testi		**p<0,01	*p<0,05			

^aIndependent Sample T Testi

**p<0,01

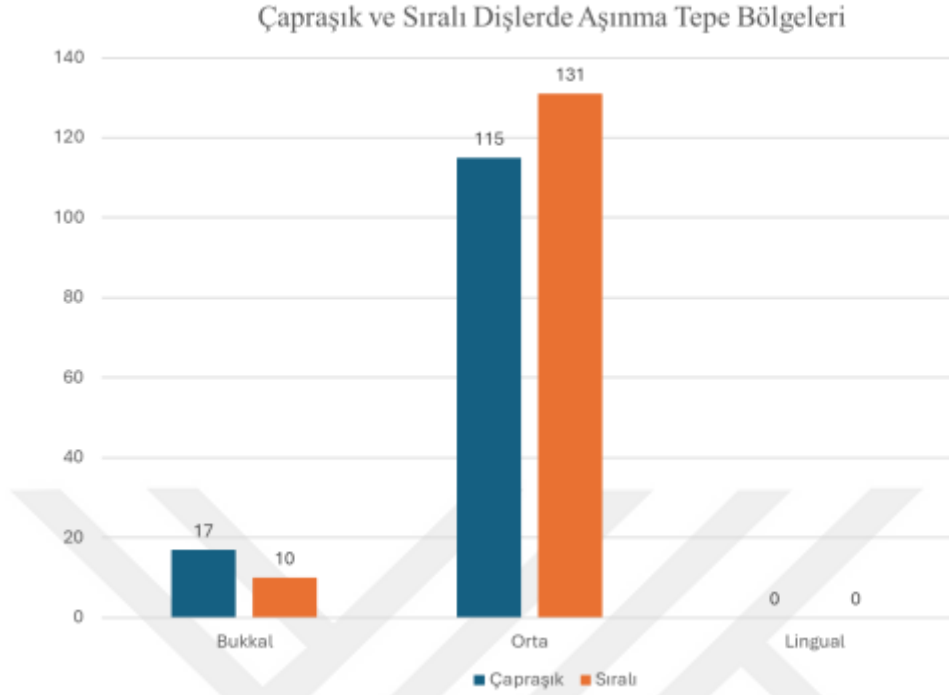
*p<0,05

Çapraşık dişlerde elmas disk materyalinde; yöne göre bukkale taşma miktarı istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0,05).

Çapraşık dişlerde motor destekli abrazyiv materyalinde; yöne göre bukkale taşma miktarı istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (p=0,001; p<0,01). Yönü tek olanlarda bukkale taşma miktarı daha yüksek bulunmuştur.

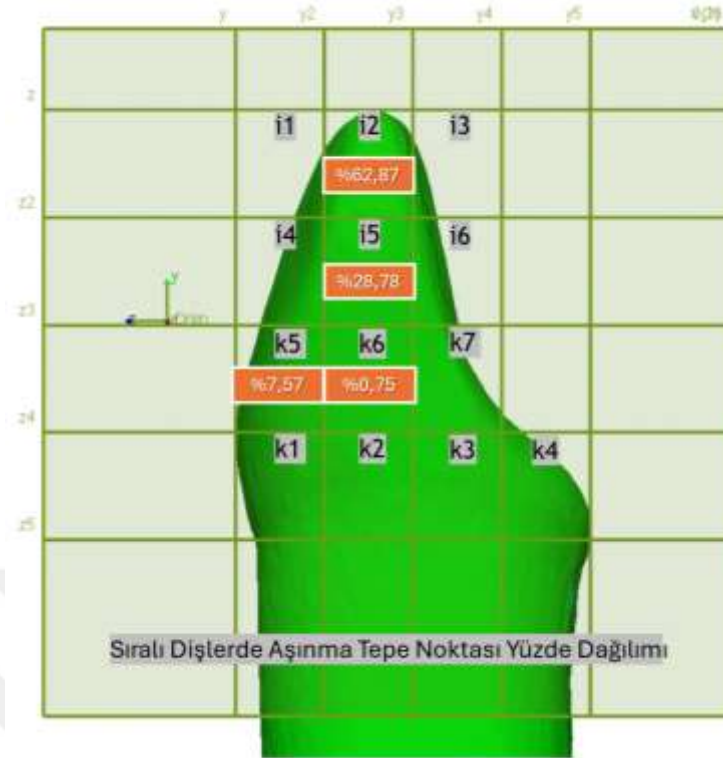
Çapraşık dişlerde manuel abrazyiv materyalinde; yöne göre bukkale taşma miktarı istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0,05).

3.4 AŞINMA TEPE BÖLGESİ BULGULARI

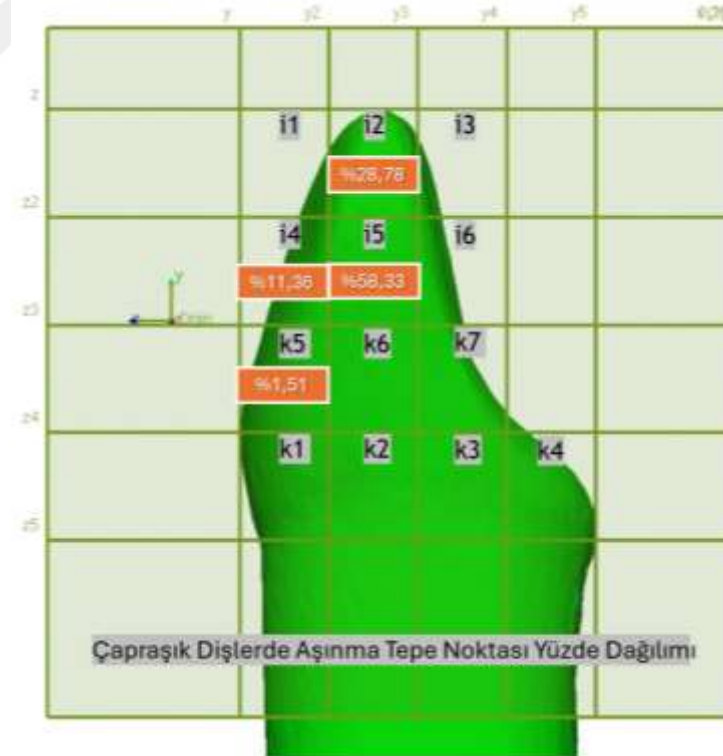


Şekil 3. 4: Aşınma Tepe Bölgelerinin Yerleşime Göre Sayısal Grafiği.

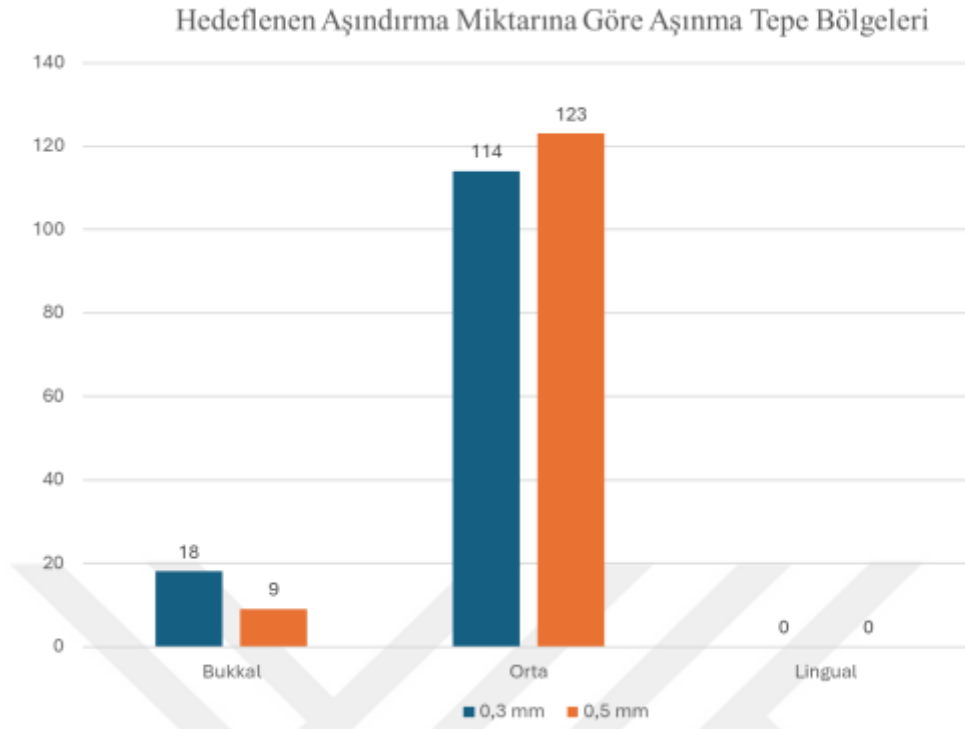
Aşınma tepe noktaları değerlendirilen çapraşık (n=132) ve sıralı (n=132) dişlerde bölgesel olarak değerlendirilmiştir. Çapraşık dişlerde %12,87 oranında aşındırma tepe noktası bukkal (i4 ve k5 bölgeleri) konumlanırken; sıralı dişlerde yapılan aşındırmalarda %7,57 oranında aşındırma tepe noktası bukkal (k5 bölgesi) konumlanmıştır (Şekil 3.5 ve 3.6).



Şekil 3. 5: Sıralı Dişlerde Aşınma Tepe Noktası Yüzde Dağılımı.



Şekil 3. 6: Çapraşık Dişlerde Aşınma Tepe Noktası Yüzde Dağılımı.

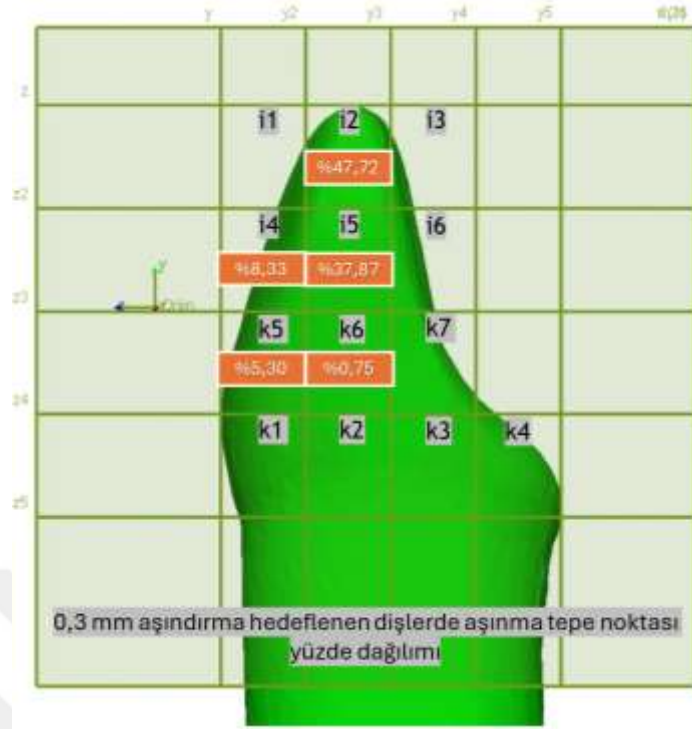


Şekil 3. 7: Hedeflenen Aşındırma Miktarına Göre Aşınma Tepe Bölgelerinin Sayısal Grafisi.

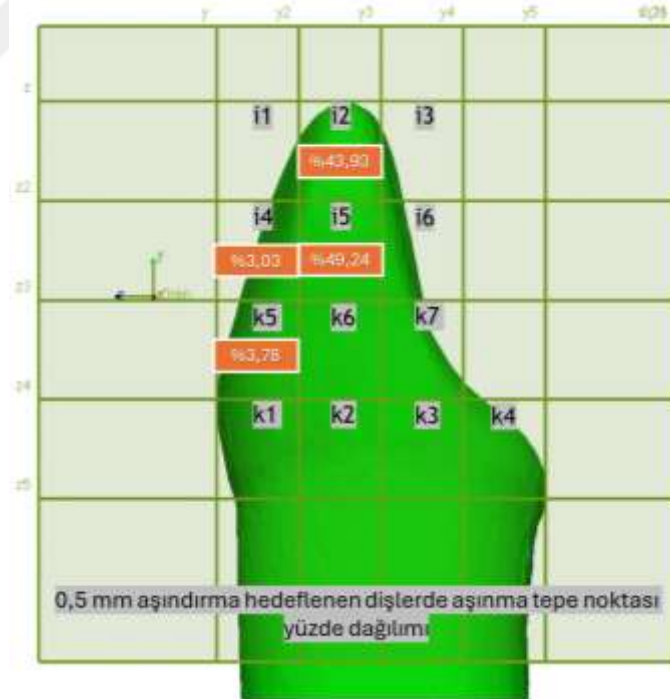
Aşınma tepe noktaları hedeflenen aşındırma miktarlarına göre değerlendirildiğinde 0,3 mm aşındırma grubunda %12,63 oranında aşındırma tepe noktası bukkalde (i4 ve k5 bölgeleri) konumlanırken; 0,5 mm grubunda %6,81 oranında aşındırma tepe noktası bukkalde (i4 ve k5 bölgeleri) konumlanmıştır (Şekil 3.8 ve 3.9).

0,3 grubunda %47,72 aşınma tepe noktası i2 bölgesinde, %37,87 ise i5 bölgesindedir.

0,5 grubunda %43,93 aşınma tepe noktası i2 bölgesinde, %49,24 ise i5 bölgesindedir.

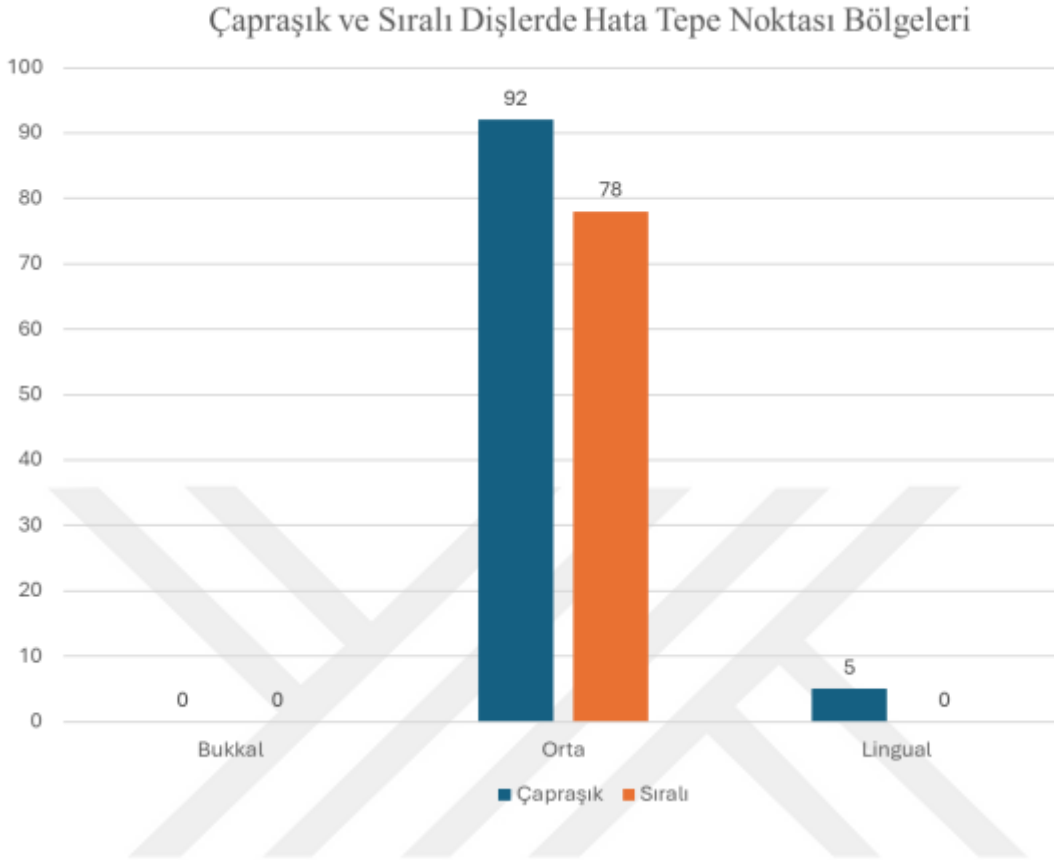


Şekil 3. 8: 0,3 mm Aşındırma Hedeflenen Dişlerde Aşınma Tepe Noktası Yüzde Dağılımı.



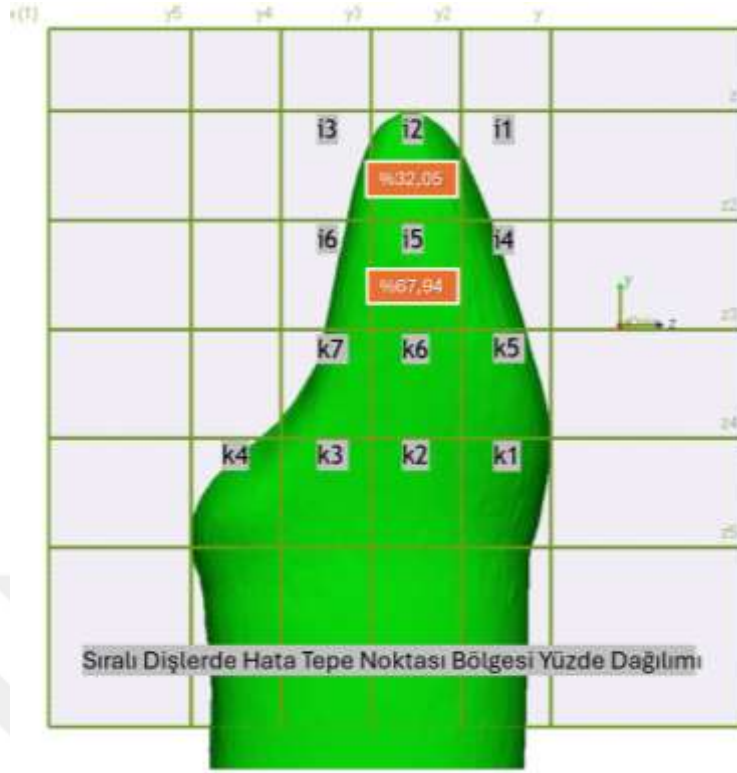
Şekil 3. 9: 0,5 mm Aşındırma Hedeflenen Dişlerde Aşınma Tepe Noktası Yüzde Dağılımı.

3.5 HATA BÖLGESİ BULGULARI

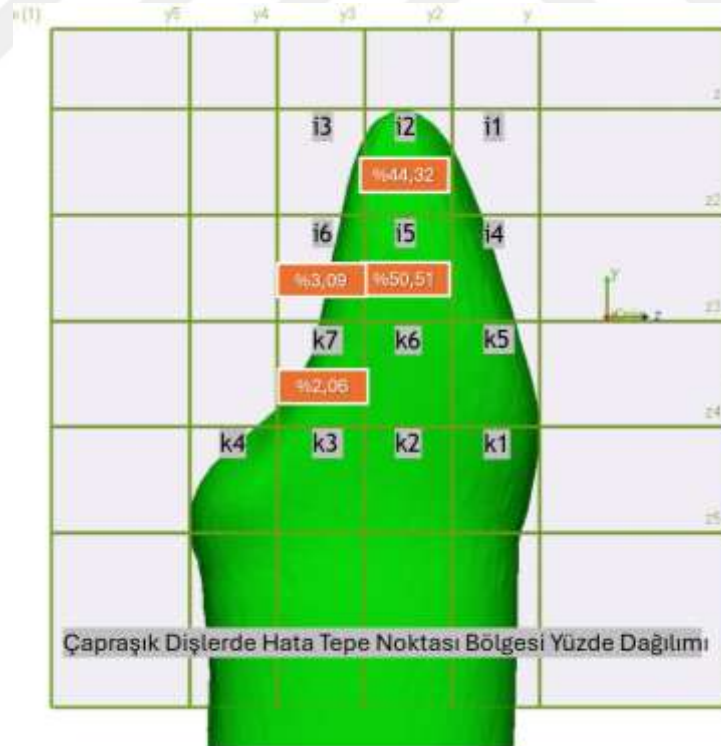


Şekil 3. 10: Yerleşime Göre Hata Tepe Bölgelerinin Sayısal Grafisi.

Çapraşık dizilmiş 132 dişin 97'sinde (%73,48) hata görülmüştür. Sıralı dizilmiş 132 dişin 78'inde (%59,09) hata görülmüştür. Hata tespit edilen çapraşık dizilmiş dişlerde tepe noktası %5,15 oranında beklenenden lingualde konumlanırken (i6 ve k7) sıralı dizilmiş dişlerde hata tepe noktaları dişin orta üçlüsünde (i2 ve i5) konumlanmıştır (Şekil 3.11 ve 3.12).



Şekil 3. 11: Sıralı Dişlerde Hata Tepe Bölgesi Yüzde Dağılımı.



Şekil 3. 12: Çapraşık Dişlerde Hata Tepe Bölgesi Yüzde Dağılımı.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüz klinik pratiğinin ayrılmaz bir parçası haline gelen arayüz mine aşındırmaları literatürde birçok çalışmaya konu olmuştur, bu çalışmaların çoğu, aşındırmanın, periodontal dokular üzerindeki etkilerine ve uzun vadede çürük insidansına etkisine odaklanmıştır (Chee vd., 2014; Danesh vd., 2007; Meredith, 2015; Paskow, 1970; Twesme vd., 1994; Zachrisson vd., 2007, 2011). Tabi uygulama materyallerini ve etkinliğini de değerlendiren çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Bazı çalışmalar hedeflenen aşındırma miktarına ulaşılabildiğini belirtirken (Laganà vd., 2021), bazıları ise hedeflenenin altında kaldığını bildirmiştir (De Felice vd., 2020; Johner vd., 2013). Ancak çapraşıklığın uygulama başarısına etkisini değerlendiren bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma, uygulanan arayüz mine aşındırmasına; çapraşıklığın, kullanılan materyalin (motor destekli elmas frezler, manuel abraziv stripler, motor destekli abraziv stripler), planlanan aşındırma miktarının (0,3 mm/0,5 mm) etkisini ölçme amacıyla planlanmıştır.

Arayüz mine aşındırma başarısı çeşitli faktörlere bağlıdır; bunlardan mine sertliği, kuron anatomisi, diş konumu gibi özellikler diş ile ilişkilidir (De Felice vd., 2020). Aşındırma yöntemi, materyali, uygulayıcının deneyimi, uygulama sırasındaki basınç, uygulama süresi diğer faktörler olarak özetlenebilir (Danesh vd., 2007).

Literatürde in vitro çalışmalarda çekilmiş dişler yaygın olarak kullanılmaktadır (Alansary & Ibraheem, 2019; Baysal vd., 2012; Cooke & Sherriff, 2010; Fokkinga vd., 2006; Gegauff & Rosenstiel, 1989; Hobson vd., 2001; Samson vd., 2018). Ancak doğal dişlerin morfolojik farklılıklar göstermesi, hem dişlerin yerleşiminin hem de kontak yüzeyinin standardizasyonu zorlaştıracak ve istatistiki anlamda büyük varyasyonlara sebep olacaktır (Bijelic, 2011; Fokkinga vd., 2006).

Farklı dişlerin farklı mine yapıları gösterdiğini belirtilen Hobson ve diğerlerinin çalışmasında karşılaştırmalar yapılabilmesi için aynı tip dişlerin kullanılması önerilmiştir (Hobson vd., 2001). Bu çalışmada bağlanma dayanımında diş tipinin standardize edilmesi ve arayüz aşındırması sırasında standart mine kontak yüzeyleri oluşturabilmek için termoplastik dişler kullanarak çalışmanın güvenilirliğini arttırmak hedeflenmiştir.

Literatürde de birçok çalışma standardizasyon için termoplastik dişleri lingual retainer bağlanma dayanımı ölçümü, intrüzyon mekanikleri karşılaştırılması, restoratif materyallerin

kontak yüzeylerine etkisini araştırılması, post sonrası diş dayanıklılığı gibi birçok konuda yapılan çalışmalarda da termoplastik dişlerin kullanımı ile karşılaşılmaktadır (Bemelmans, 2001; Bijelic, 2011; Connert vd., 2019; Hassan & Goo, 2021; Ohtonen vd., 2021; Peumans vd., 2001; Sifakakis vd., 2010). Bu dişler, fabrikasyon olarak standart üretilen dişler de olsa literatürde termoplastik dişlerde meziodistal boyutta maksimum 0,04 mm'lik farklar olabileceği belirtilmiştir (Peumans vd., 2001).

Diş hekimliği alanında yapılan birçok in vitro çalışmada deney materyallerini sabitlemek için çeşitli çalışmalarda akrilik (Ağaccioğlu vd., 2024; Ahrari vd., 2012; Baysal vd., 2012; Faltermeier vd., 2007; Kumar vd., 2019; Livas vd., 2020; Sayınsu vd., 2006), çeşitli çalışmalarda alçı (Campbell, 1995; Vicente vd., 2005) kullanılmıştır. Bu çalışmalar daha çok ortodontide debonding üzerinedir. Mine arayüz aşındırması üzerine yapılan in vitro çalışmalardan bazıları araştırmacılar silikon materyalini tercih ederken (Johner vd., 2013; Zingler vd., 2015) akrilik materyalini tercih eden araştırmacılar da vardır (Livas vd., 2020).

Bu çalışmada dişlerin pozisyonlarını standardize etmek adına sıralı dişler için bir, çapraşık dişler için bir olmak üzere iki rehber akrilik bloğa termoplastik dişler vidalanarak aşındırma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızla benzer parametreleri değerlendiren Johner ve diğerleri aşındırma uyguladıkları çalışmalarında premolar dişlerini sabitlemek için silikon kullanmışlar ancak bazı dişlerde aşındırma uygulaması sonrası materyal kaybı görmemelerini silikon materyalinin yorulmasına ya da silikon yuvasındaki dişin zamanla gevşemesine bağlamışlardır (Johner vd., 2013). Silikon ya da akrilik, klinikte aşındırma sırasında periodontal ligamentteki esnemeyi tamamiyle taklit edemeyecektir. Aşındırma sırasında periodontal dokuların in vitro temsili için ileri teknikler ve materyaller geliştirilebilir. Bu konu çalışmamızın limitasyonları arasındadır.

Çalışmamızda tek taraflı ve çift taraflı aşındırma materyalleri karşılaştırılacağından elmas ya da tungsten karbit frezlerle uygulanabilen ARS sistemi dahil edilmemiştir. Manuel metal abraziv stripleri, motor destekli ortodontik stripler, elmas diskler tek ve çift taraflı olarak kullanılmıştır.

Hedeflenen aşındırma miktarına ulaşmada çalışmamızda materyaller arası üstünlük tespit edilmemiştir. Bazı çalışmalarca manuel abrazivlere göre motor destekli materyaller daha etkin bulunmuştur (Danesh vd., 2007; Gazzani vd., 2019). Gazzani ve diğerleri 30 saniyelik aşındırma sonrası hem aşındırma grenleri açısından hem de uygulama etkinliği açısından

manuel ve motor destekli abrazyivleri karşılaştırmıştır. Motor destekli sistem hem aşındırma özelliğini daha çok koruyan hem de daha etkin aşındırabilen materyaller olarak manuel abrazyivlere üstün bulunmuştur (Gazzani vd., 2019). Manuel abrazyivlerin aşındırma sırasında uygulanan baskı diğer yöntemlere göre daha fazladır. Bu baskı ile dişin uygulanan baskı yönünde hareket ettiği öne sürmüştür. Dolayısıyla düşünülenenden daha az aşındırma meydana getirmede bu fazladan baskının rolünün olduğu düşünülebilir (Johner vd., 2013). Danesh ve diğerleri, içlerinde motor destekli abrazyiv de bulunan beş farklı aşındırma yöntemi (profin, manuel abrazyivler, o-drive, air rotor, motor destekli orto-stripler) üzerine çalışmışlardır. Bu yöntemler arasında cilalama sonrası en pürüzsüz yüzeylere profin ve motor destekli abrazyivlerle ulaşılmıştır (Danesh vd., 2007).

Motor destekli abrazyiv stripler görüş alanını arttırması açısından uygulama başarısını da arttırmaktadır (Laganà vd., 2021). Klinik kullanım için aşındırılmak istenilen kalınlıkta aşındırıcıların üretilmesi hem aşındırma materyalinin yüzeyine gelen basıncı dağıtarak materyalin kullanım ömrünü uzatır hem de hedeflenen aşındırma miktarına ulaşma başarısını arttırmaktadır (Johner vd., 2013; Livas vd., 2020; Zingler vd., 2015).

Arayüz aşındırma için kullanılan materyallerin tekrar tekrar kullanılması abrazyiv yüzey grenlerinin zamanla azalmasıyla sonuçlanır. Livas ve diğerlerinin çalışmasında elmas disk ve motor destekli orto-striplerin yüzey pürüzlülüğünün azalmasında birbirlerine göre anlamlı bir fark bulunmamıştır (Livas vd., 2020). Çalışmamızda motor destekli abrazyiv stripler ve elmas diskler grup başına bir adet olacak şekilde kullanılmıştır. Aşındırma bu çalışmada süreyle değil miktar ile ölçüldüğünden kullanılan materyallerin aşındırıcılığının azalması ancak grup içerisinde aşındırma süresini arttırabilir ancak gruplar arası karşılaştırmaya etkisi olmaması beklenir. Çalışmamızda zamanla alakalı bir değerlendirme yapılmamıştır.

Danesh ve diğerleri yaptıkları çalışmada yapılan cilalamanın minede 0 ile 0,02 mm'lik farka sebep olabileceğini belirtmiştir (Danesh vd., 2007). Çalışmamızda kullanılan materyaller için önerilen cila prosedürleri farklılık gösterdiğinden toplanan verilere cilanın etkisi hariç tutulmak istenmiştir. Benzer şekilde yapılan bir çalışmada farklı materyallerle, farklı miktarda gerçekleştirilen aşındırmaların karşılaştırmasında cilalamayı hariç tutmuştur (Johner vd., 2013).

Arayüz aşındırması ile ilgi yapılan çalışmalarda birçok farklı materyal, süre, yöntem ve mikromotor hızı kullanılmıştır. Bazı çalışmalarda aşındırma materyalinin dişe vuruş sayısı kullanılırken (Arman vd., 2006; Baysal vd., 2007), bazılarında süre standardizasyonu yapılmıştır (Baysal vd., 2007; Costa & Pereira, 2011; Sanea & Omer, 2019b).

Literatürdeki diğer aşındırma miktarını süreden ve vuruş sayısından bağımsız olarak kullanan çalışmalar da vardır (Gul Amuk vd., 2019; Radlanski vd., 1988; Sehgal vd., 2019; Zhong vd., 2000). Pek çok yazar, dentine yakınlığı önlemek için minenin orijinal kalınlığının yarısından fazla olmayan arayüz aşındırmasını önermektedir (Boese, 1980; Danesh vd., 2007; Johner vd., 2013). Ancak, her bireyin diş boyutları farklılık gösterebileceği gibi mine kalınlıkları da varyasyon gösterebilmektedir (Danesh vd., 2007). Aynı ağızda dişler arası mine kalınlıkları farklılıkları vardır (Fillion, 1995; Hudson, 1956). Üstelik dişlerin mezial mine kalınlığı bile distal mine kalınlığından farklıdır (Macha vd., 2010; Munhoz vd., 2012; Vellini-Ferreira vd., 2012).

Literatürde yapılan çalışmalarda aşındırma miktarı 0,5 – 0,3 – 0,25 mm olarak seçilmiştir (Boese, 1980; Danesh vd., 2007; Johner vd., 2013). Bu değerler ışığında çalışmamızda 0,3 ve 0,5 mm iki farklı aşındırma miktarı olarak seçilmiştir.

Çalışmamızdaki veriler 3B tarayıcı aracılığıyla elde ettiğimiz sanal diş modelleri üzerinden yapılmıştır. 3B tarayıcıların aşındırma miktarındaki ölçüm hassasiyeti çalışmanın güvenilirliği açısından önemlidir. Kumar ve diğerleri, yaptıkları çalışmada dişlerin aside maruz kalmaları sonucu oluşan yüzeysel doku kayıplarını 3B intraoral tarayıcı aracılığıyla tespit etmeyi amaçlamıştır. Aside maruziyet zamanı ile dişin yüzeyinde ölçülen abrazyon arasındaki korelasyon değerlendirildiğinde verilerin korelasyon gösterdiğini ancak bu korelasyonun ölçüm hassasiyeti için yeterli olmayacağı fikrini öne sürmüşlerdir (Kumar vd., 2019). İntraoral tarayıcılar doğruluk ve kesinlik açısından birçok çalışmaya konu olmuştur (Nedelcu vd., 2018; Sorrentino vd., 2024). Fakat, tek bir intraoral tarayıcı markasının tüm parametreler için diğerlerine üstün olduğu kanıtlanamamıştır (Ender, Attin, vd., 2016; Ender, Zimmermann, vd., 2016; Nedelcu vd., 2018). Çalışmamızda kullanılan TRIOS 3, preprotetik hazırlanmış dişin subgingival marjin tarama doğruluk ve kesinlik açısından çalışmaya dahil edilen diğer tarayıcılara üstün bulunmuştur (Nedelcu vd., 2018). Diğer çalışmalarda tam ark ölçümünde distorsiyonlar görülebildiğini ancak yarım çenede kesinlik hassasiyetinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Ender, Attin, vd., 2016; Ender, Zimmermann, vd., 2016).

Çalışmamızda kullandığımız ölçüm programı Geomagic Software birçok medikal çalışmada kullanılmıştır (Conceição vd., 2024; Lee vd., 2015; Limones vd., 2024; Negm vd., 2024; Rençber Kızılkaya & Kara, 2024; Son vd., 2021; Son & Lee, 2020; Zarone vd., 2020).

Kalemaj ve diğerleri yaptıkları çalışmalarında klinik anlamlılık değerini gözlemlenebilen aşındırma miktarının ortalamasını alarak 0,15 mm olarak ifade etmişlerdir. Ancak bu gözlenme miktarının hekimin tecrübesine, tekniğe ve hastaya bağlı olarak değişebileceğini belirtmişlerdir (Kalemaj & Levrini, 2020). Benzer şekilde, Sorrentino ve diğerleri tolerans aralığını $\pm 0,15$ mm olarak kullanmıştır (Sorrentino vd., 2024).

Peumans ve diğerleri yaptıkları çalışmada prefabrik termoplastik dişler kullanmışlar ve işlem uygulanmamış dişler arasında 0,04 mm'lik mezio-distal boyut farklılıkları tespit etmişlerdir (Peumans vd., 2001). Zarone ve diğerleri tarayıcı doğruluk ve kesinlik karşılaştırmalarını konu alan çalışmalarında Geomagic Kontrol X programında yaptıkları model çakıştırmaları için tolerans aralığını $\pm 0,04$ mm seçmişlerdir (Zarone vd., 2020). Bir diğer doğruluk kesinlik inceleyen güncel çalışmada tolerans aralığı $\pm 0,06$ mm seçilmiştir (Negm vd., 2024). Çalışmamızda tolerans aralığı minimumda tutularak $\pm 0,04$ olarak belirlenmiştir.

Planlanan ile gerçekleştirilen aşındırma miktarları arasındaki tutarlılık dişin sağlığı için önemli olduğu kadar finalde ulaşılmak istenilen diş pozisyonları için de önemlidir. Çalışmamızda incelenen bu parametre birçok çalışmanın konusu olmuştur (De Felice vd., 2020; Hariharan vd., 2022; Johner vd., 2013; Kalemaj & Levrini, 2020; Laganà vd., 2021).

Literatürde bazı çalışmalar uygulanan aşındırma miktarlarını planlanan miktarın altında bulmuştur (De Felice vd., 2020; Hariharan vd., 2022; Kalemaj & Levrini, 2020). Bu durum birkaç sebebe bağlanabilir. Örneğin aşındırma işleminde kullanılan ölçüm cetvelinin dişler arasındaki baskısıyla periodontal ligamentte esneme ve sıkışmalar meydana gelir, bu durum var olandan daha fazla boşluk tespit edilmesine yol açar. Çalışmamızda kullanılan akrilik materyali yapısı gereği bu esnemeyi taklit edememiş olabileceğinden planlanan arayüz aşındırmasına ulaşma etkinliği artacaktır.

Çalışmamızda kullanılan termoplastik dişler bazı çalışmalarda doğal dişe benzer sertlikte olarak değerlendirilse de (Bemelmans, 2001) aşınma dayanımları açısından değerlendiren

bir çalışma yoktur. Aynı materyallerle aşındırma yapıldığında aşınan miktar açısından doğal dişe göre daha fazla aşınıyor olması muhtemel olabilir.

Ek olarak uygulayıcı hekimin fazla aşındırma yapmaktan çekinmesi ve kontrollü çalışma sırasında hasta başı süresinin artması nedeniyle işlemi bitirmeye meyilli olması hedeflenen aşındırma miktarına ulaşma oranını azaltmaktadır (De Felice vd., 2020). Çapraşık dişlerde aşındırılmak istenilen alana görüşün kısıtlanması bir nevi kontrolsüz aşındırma anlamına gelmektedir. Dolayısıyla hedeflenen miktara ulaşma oranının çapraşık dişlerde, sıralı dişlerde kontrollü uygulanan aşındırmaya nazaran artması bu sebebe bağlanabilir.

Hedeflenene ulaşma yolunda Kalemaj ve Levrini özellikle diğer dişlere oranla istenilen aşındırma miktarına ulaşamayan kanin dişinin ve klinisyenin görüş açısının azaldığı distal yüzeylerin aşındırmasının daha dikkatle yapılmasını; De Felice ve diğerleri ise planlanan aşındırma miktarlarının gerçekleştirilebilmesi için ortalama yüzde 20-30 daha fazla aşındırma klinik pratikte önermektedir (De Felice vd., 2020; Kalemaj & Levrini, 2020). Güncel bir çalışmada hem aşındırmanın güvenle yapılması hem de kontrollü yapılabilmesi adına 3B implant planlama programı kullanarak aşındırma rehber plağı hazırlanması ardından bu plakla uygulanan aşındırmanın geleneksel yöntemle nazaran daha etkili olduğu bulunmuştur (Cotrina-Peregrín vd., 2024).

Hedeflenen aşındırma miktarına ulaşma oranı değerlendiren çalışmalar arasında (De Felice vd., 2020; Johner vd., 2013; Kalemaj & Levrini, 2020; Laganà vd., 2021) arayüz aşındırma zamanlamasını çalışmalarına dahil eden tek çalışma Kalemaj ve Levrini'nin çalışmasıdır. Aşındırmanın seviyeleme sonrası yapılması, öncesi yapılmasına kıyasla daha hassas aşındırma yapılabilmesini sağlamıştır ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Kalemaj & Levrini, 2020). Aşındırma başarısında dişlerin pozisyonunun etkisini değerlendirmede net bir literatür bilgisine ulaşamamıştır. Dolayısıyla çalışmamızda yapay olarak oluşturulmuş çapraşıklık durumunda farklı miktarlarda aşındırmanın miktarının tutarlılığı ile birlikte diş morfolojine etkisi değerlendirmeye çalışılmıştır.

Aşınma tepe noktası çalışmamızda dişlerin yerleşimine (çapraşık/sıralı) ve aşındırılması hedeflenen miktara (0,3 mm/0,5 mm) göre değerlendirilmiştir. Aşındırılan alanın en derin noktası olarak tanımladığımız aşınma tepe noktası, ideal şartlarda aşındırılmak istenilen yüzeyin orta bölgesinde olmalıdır. Çalışmamızda orta bölge i2, i5, k6, k2; bukkal bölge ise i1, i4, k5, k1 bölgeleriyle ifade edilmiştir.

Yerleşime göre aşınma tepe bölgesi değerlendirilmelerinde sıralı dişlerde %92,43 oranında orta bölgede (i2, i5 ve k6) konumlanırken, çapraşık dişlerde bu oran %87,11'e (i2 ve i5) gerilemektedir. Mezio-lingual rotasyonlu çapraşık yerleştirilen dişlerde aşınma bölgesinin en derin noktası beklenildiği üzere bukkale doğru kaymıştır.

Hedeflenen miktara göre değerlendirme yapıldığında 0,3 mm hedeflenen dişlerde %86,37 aşınma tepe bölgesi orta bölgededir. 0,5 mm hedeflenenlerde aşınma tepe bölgesi %93,19 oranında orta bölgededir. Bu bulguya göre aşındırılmak istenilen miktar azaldıkça aşınma tepe noktasının idealden uzaklaşmaktadır. Bu durum diş aşındıkça materyalin arayüzde hareket alanının artması, kontak yüzeyinin görülebilir olması, aşındırma sırasında dişin orta bölgesine ulaşımı kolaylaştırarak arayüz aşındırma uygulama başarısını arttırmış olabilir. Benzer şekilde, daha dar alanda aşındırma yaparken hekimin manüplasyonu esnasındaki açılanma farklılıkları kullanılan aşındırıcı materyalin hedef dışındaki bölgelere teması ihtimalini de arttıracaktır.

Aşındırma işlemi planlanırken bir arayüz için hedeflenen miktar kontaktaki iki diş için eşit veya farklı miktarlarda olabilir. İdeal olarak bu hastanın dişinin formuna ve boyutuna göre hastaya özel tayin edilmelidir. Aşındırma miktarının doğru belirlenmesi kadar aşındırma sırasında kullanılan materyal de önemlidir (Danesh vd., 2007). Tüm veri grubunda sıralı, çapraşık dizilim fark etmeksizin çift taraflı aşındırma materyali kullanılması, çalışmamızda hata miktarı olarak ifade edilen, aşındırma planlanmayan kontaktaki dişe zarar miktarını arttırmıştır.

Bununla birlikte hata miktarı ile aşındırma miktarı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bunun sebebi, aşındırma işlemi esnasında çapraşık dişlerde kontak bölgesinin sıkılığından ilk girişte karşıt dişe zarar verilmesi olabilir. Sıkı kontaklar yapılan aşındırma ile açıldıktan sonra materyal dişlerin arayüzünde daha rahat bir hareket aralığı kazanır ve striping miktarı artsa da komşu dişteki hasar artmayacaktır.

Çapraşık yerleştirilmiş 132 dişten 97'sinde sıralı yerleştirilmiş 132 dişten 78'inde aşındırma planlanmayan komşu dişte aşınma (hata bölgesi) tespit edilmiştir. Aşınması istenmeyen dişte hata bölgesinin en derin noktası hata tepe noktasıdır ve sıralı dişlerde %100 oranında orta bölgede (i2 ve i5) konumlanırken, çapraşık dişlerde bu oran %94,85'e gerilemektedir. Hata tepe noktası çapraşık dişlerde %5,15 oranında lingualde konumlanmıştır. Dolayısıyla komşu

dişte oluşturulan istenmeyen aşınma aynı zamanda dişin formunun da kötü etkilenmesinin önü açabilir.

Literatürde birçok çalışmada seviyeleme sıralama sonrası arayüz mine aşındırması önerilmektedir (Chudasama vd., 2007; Fillion, 1995; Frindel, 2010; Hudson, 1956; Kelsten, 1969). Buna karşın De Felice ve diğerleri seviyeleme sıralamayı hızlandırması yönünden tedavi başında arayüz aşındırmasını önermiştir (De Felice vd., 2020). Çalışmamızda çapraşık yerleştirilen dişlerde seviyeli yerleştirilmiş dişlere nazaran hedeflenene ulaşma oranları istatistiksel anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Bunun en temel sebeplerinden birisi abraziv materyalinin istenilen açıda tutulamaması olabilir. Aşındırma sırasında dişin istenilen bölgesine (mezial ya da distal) ulaşılması için bu açılardırma, dişin aşınması istenmeyen lingual ve/veya bukkal bölgelerinin aşınmasına sebebiyet verebilir (Johner vd., 2013). Manuel abrazivler tutacak ile kullanıldığında materyalin dişin morfolojisine göre eğilebilmesini engelleneceği (Johner vd., 2013) için çalışmamızda tutacak kullanılmamıştır.

Motor destekli bir disk ya da strip materyali rijiditesi nedeniyle dişte daha köşeli bir aşındırma oluşturabilir, bu da aşındırma sonrası kenarların düzeltilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır (Johner vd., 2013).

Çalışmamızda, bu açılanmayla hatalarının oluşabileceği dişin aşındırma istenen bölgelerinin dışına taşan aşındırmaları değerlendirmek için bukkale taşma miktar ölçümleri dahil edilmiştir.

Çalışmada sadece çapraşık dişlerde gözlediğimiz bukkale taşma miktarlarının manuel abrazivlerde istatistiksel olarak anlamlı çıkması, çapraşık dişlerin arayüzüne adapte olabilmek için materyalin bükülerek kullanılabilmesine bağlanabilir. Bu bükülme dişte parabolik bir aşınma gözlememizi, bir diğer deyişle dişin oval yapısına sadık kalarak aşınma yapılmasını sağlamıştır. Sayısal olarak bukkale taşma miktarı artsa da aşınma dişin morfolojik yapısına paralellik göstermiştir. Ancak bu değerlendirmelerin daha sağlıklı yapılabilmesi için ileri tekniklere ihtiyaç vardır.

Bukkale taşma miktarı, tek taraflı aşındırıcılarda anlamlı olarak çift taraflılara göre fazla çıkmıştır. Aşındırma sırasında çift taraflı aşındırıcılar karşıt dişte de aşınmaya sebep olmaktadır. Uygulama sırasında aşındırma cetvelinin arayüzdeki ölçümü yan yana iki dişin hangisinden aşındırıldığını ölçemeyeceğinden arayüzdeki toplam aşınma verisini bizlere

göstermektedir. Tek taraflı bir materyal tüm aşınmayı sadece hedef dişte yapacağından çapraşık bir dişte yapılan aşındırmada bukkale taşma miktarının artması beklenmektedir. Bulgularımız bunu desteklemektedir. Ancak materyallerin kendi içlerindeki karşılaştırılmalarında elmas disk ve manuel abrazyivlerde yöne göre istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır. Manuel abrazyivlerin kontak yüzeylerine adapte edilebilmesi uygulama sırasında tek ve çift taraflı manuel abrazyivler arası bukkale taşma açısından fark olmamasına sebep olmuş olabilir.

Bu çalışmanın sonuçları bazı sınırlamalar ışığında değerlendirilmelidir. Çalışmada standardizasyon için termoplastik dişler kullanılmıştır. Doğal diş mine dokusuyla birebir örtüşmeyen bir yapısı olması dolayısıyla uygulanan aşındırma miktarları gerçek değerleri yansıtmayabilir. Tekrarlanabilir bir arayüz kontak noktası oluşturulabilmesi için dişler soğuk tamir akriliği bloklarına vidalanarak kullanılmıştır. Ağızdaki periodontal dokuların biyolojik yapısı gereği aşınma sırasındaki davranışlarını akrilik materyali yansıtmakta eksik kalacaktır. Bu anlamda alternatif materyal olarak literatürde silikon materyali kullanılmış olsa da yazarlar silikon materyalinin de bu konudaki yetersizliklerini ifade etmişlerdir (Johner vd., 2013). Dolayısıyla in vitro çalışmaları bu anlamda geliştirecek materyallere ihtiyaç vardır. Daha önce literatürde çapraşık dişlerde yapılan arayüz aşındırmasının dişin morfolojisine etkisini değerlendiren bir çalışma bulunmamaktadır. Bu amaçla çalışmamıza eklediğimiz bukkale taşma miktar ölçümleri manuel çizilen teğetler yardımıyla oluşturulan tek boyutlu bir değerlendirmedir. Dişin aşınma sonrası oluşan morfolojik yapısını değerlendirmede yetersiz kalmış olabileceğinden standardizasyonu sağlayabilen üç boyutlu analizlere ihtiyaç vardır. Tüm bunlara ek olarak aşındırma prosedürleri tek bir hekim tarafından uygulanmış olsa da hekim tecrübesinden etkilenebileceğinden deney sırasında uygulayıcının tecrübe kazanmasının sonuç verilerini etkilemiş olabileceği akılda tutulmalıdır.

Sonuç;

- a. Hedeflenen aşındırma miktarına ulaşmada aşındırma metotları arasında bir üstünlük bulunmamıştır.
- b. Çapraşık dişlerde sıralı dişlere göre hedeflenen miktara ulaşma anlamlı olarak daha yüksek çıkmıştır.
- c. Çapraşıklık aşınma yüzeyinin planlan alanların dışına taşmasına sebep olmuştur.

- d. Manuel abrazyivler bukkale taşma miktarı diğer iki materyalden fazladır.
- e. Tek taraflı aşındırma materyali kullanımı bukkale taşma miktarını arttırmaktadır.
- f. Elmas disk ve manuel abrazyivler tek ve çift taraflı olmasına göre benzer bukkale taşma gösterirken; motor destekli abrazyivler, tek taraflı tercih edildiğinde daha fazla bukkale taşma göstermiştir.
- g. Yapılan aşındırmalarda aşınması istenmeyen dişteki hata miktarı aşınma miktarıyla korelasyon göstermemektedir.
- h. Çift taraflı aşındırma materyali kullanımı dişlerin çapraşık ya da sıralı olması gözetmeksizin hata miktarını arttırmaktadır.



REFERANSLAR

- Ağaccioğlu, M., Sirin Karaarslan, E., Aytac Bal, F., & Benli, İ. (2024). Bond strength comparison of a fiber-reinforced composite resin: Different dentin conditions and preparation techniques. *Microscopy Research and Technique*, 87(6), 1250-1261. <https://doi.org/10.1002/jemt.24515>
- Ahrari, F., Heravi, F., Fekrazad, R., Farzanegan, F., & Nakhaei, S. (2012). Does ultra-pulse CO2 laser reduce the risk of enamel damage during debonding of ceramic brackets? *Lasers in Medical Science*, 27(3), 567-574. <https://doi.org/10.1007/s10103-011-0933-y>
- Alansary, F., & Ibraheem, A. (2019). *The Effect of Die Spacer Thickness on Retentive Strength of all Zirconium Crowns (An In vitro Study)*.
- Alexander, S. A. (1996). Levels of root resorption associated with continuous arch and sectional arch mechanics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 110(3), 321-324. [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(96\)80017-5](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(96)80017-5)
- Araujo, E., & Souki, M. (2003). Bolton anterior tooth size discrepancies among different malocclusion groups. *The Angle Orthodontist*, 73(3), 307-313. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2003\)073<0307:BATSDA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2003)073<0307:BATSDA>2.0.CO;2)
- Arhun, N., & Arman, A. (2007). Effects of Orthodontic Mechanics on Tooth Enamel: A Review. *Seminars in Orthodontics*, 13(4), 281-291. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2007.08.009>
- Arias, D., Santana, M. Á. C., & Orozco, M. F. S. (2022). Proximal enamel thickness quantification in orthodontics for interproximal reduction: A systematic review. *Revista Estomatología*, 30(1), Article 1. <https://doi.org/10.25100/re.v30i1.11960>
- Arman, A., Cehreli, S. B., Ozel, E., Arhun, N., Çetinşahin, A., & Soyman, M. (2006). Qualitative and quantitative evaluation of enamel after various stripping methods.

- American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 130(2), 131.e7-131.e14. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.01.021>
- Ballard, M. L. (1944). A method for epidemiological registration of malocclusion. *The Angle Orthodontist*, 67-70. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1944\)014<0067:AITSAF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1944)014<0067:AITSAF>2.0.CO;2)
- Baysal, A., Uysal, T., Gul, N., Alan, M. B., & Ramoglu, S. I. (2012). Comparison of three different orthodontic wires for bonded lingual retainer fabrication. *Korean Journal of Orthodontics*, 42(1), 39-46. <https://doi.org/10.4041/kjod.2012.42.1.39>
- Baysal, A., Uysal, T., & Usumez, S. (2007). Temperature rise in the pulp chamber during different stripping procedures. *The Angle Orthodontist*, 77(3), 478-482. [https://doi.org/10.2319/0003-3219\(2007\)077\[0478:TRITPC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2319/0003-3219(2007)077[0478:TRITPC]2.0.CO;2)
- Becker, K., Wilmes, B., Grandjean, C., & Drescher, D. (2018). Impact of manual control point selection accuracy on automated surface matching of digital dental models. *Clinical Oral Investigations*, 22(2), 801-810. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2155-6>
- Begg, P. R., & Kesling, P. C. (1977). *Begg Orthodontic Theory and Technique*. Saunders.
- Bemelmans, P. (2001). Shock Absorption Capacities of Mouthguards in Different Types and Thicknesses. *International Journal of Sports Medicine*, 22(02), 149-153. <https://doi.org/10.1055/s-2001-11342>
- Berger, H. (1959). The Lower Incisors In Theory And Practice. *The Angle Orthodontist*, 29(3), 133-148. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1959\)029<0133:TLIITA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1959)029<0133:TLIITA>2.0.CO;2)
- Bijelic, J. (2011). Fracture Load of Tooth Restored with Fiber Post and Experimental Short Fiber Composite. *The Open Dentistry Journal*, 5(1), 58-65. <https://doi.org/10.2174/1874210601105010058>
- Bishara, S. E., Denehy, G. E., & Goepferd, S. J. (1987). A conservative postorthodontic treatment of enamel stains. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its*

- Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 92(1), 2-7.
[https://doi.org/10.1016/0889-5406\(87\)90288-5](https://doi.org/10.1016/0889-5406(87)90288-5)
- Boese, L. R. (1980). Fiberotomy and Reproximation Without Lower Retention, Nine Years In Retrospect: Part I. *The Angle Orthodontist*, 50(2), 88-97.
[https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1980\)050<0088:FARWLR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1980)050<0088:FARWLR>2.0.CO;2)
- Bolton, W. A. (1958). Disharmony In Tooth Size And Its Relation To The Analysis And Treatment Of Malocclusion*. *The Angle Orthodontist*, 28(3), 113-130.
[https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1958\)028<0113:DITSAI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1958)028<0113:DITSAI>2.0.CO;2)
- Borda, A. F., Garfinkle, J. S., Covell, D. A., Jr., Wang, M., Doyle, L., & Sedgley, C. M. (2020). Outcome assessment of orthodontic clear aligner vs fixed appliance treatment in a teenage population with mild malocclusions. *The Angle Orthodontist*, 90(4), 485-490. <https://doi.org/10.2319/122919-844.1>
- Campbell, P. M. (1995). Enamel surfaces after orthodontic bracket debonding. *The Angle Orthodontist*, 65(2), 103-110. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1995\)065<0103:ESAOBD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1995)065<0103:ESAOBD>2.0.CO;2)
- Chee, D., Ren, C., Orthodontics, Faculty of Dentistry, the University of Hong Kong, 34 Hospital Road, Hong Kong SAR, China, Yang, Y., & Orthodontics, Faculty of Dentistry, the University of Hong Kong, 34 Hospital Road, Hong Kong SAR, China. (2014). An Overview on Interproximal Enamel Reduction. *Dentistry - Open Journal*, 1(1), 14-18. <https://doi.org/10.17140/DOJ-1-104>
- Chochlidakis, K. M., Papaspyridakos, P., Geminiani, A., Chen, C.-J., Feng, I. J., & Ercoli, C. (2016). Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(2), 184-190.e12. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.12.017>
- Choudhary, A., Gautam, A. K., Chouksey, A., Bhusan, M., Nigam, M., & Tiwari, M. (2015). Interproximal Enamel Reduction in Orthodontic Treatment: A. *Journal of Applied Dental and Medical Sciences*, 1, 3.

- Christopoulou, I., Kaklamanos, E. G., Makrygiannakis, M. A., Bitsanis, I., Perlea, P., & Tsolakis, A. I. (2022). Intraoral Scanners in Orthodontics: A Critical Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*.
- Chudasama, D., Rcs, Mo., & Sheridan, J. J. (2007). *Guidelines for Contemporary Air-Rotor Stripping*. 6.
- Connert, T., Krug, R., Eggmann, F., Emsermann, I., ElAyouti, A., Weiger, R., Kühl, S., & Krastl, G. (2019). Guided Endodontics versus Conventional Access Cavity Preparation: A Comparative Study on Substance Loss Using 3-dimensional–printed Teeth. *Journal of Endodontics*, 45(3), 327-331. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.006>
- Cooke, M. E., & Sherriff, M. (2010). Debonding force and deformation of two multi-stranded lingual retainer wires bonded to incisor enamel: An in vitro study. *European Journal of Orthodontics*, 32(6), 741-746. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjq017>
- Costa, M., & Pereira, P. (2011). Optical Microtopographic Inspection of the Surface of Tooth Subjected to Stripping Reduction. *Proc SPIE*, 8001, 103. <https://doi.org/10.1117/12.891894>
- Cotrina-Peregrín, M. D., Arrieta-Blanco, P., Aragoneses-Lamas, J. M., Albaladejo Martínez, A., Lobo Galindo, A. B., & Zubizarreta-Macho, Á. (2024). Novel Technique of Interproximal Enamel Reduction Based on Computer-Aided Navigation Technique—An In Vitro Study. *Journal of Personalized Medicine*, 14(2), 138. <https://doi.org/10.3390/jpm14020138>
- Croll, T. P., & Cavanaugh, R. R. (1986). Enamel color modification by controlled hydrochloric acid-pumice abrasion. I. technique and examples. *Quintessence International (Berlin, Germany : 1985)*, 17(2), 81-87.
- Danesh, G., Hellak, A., Lippold, C., Ziebura, T., & Schafer, E. (2007). Enamel Surfaces Following Interproximal Reduction with Different Methods. *The Angle Orthodontist*, 77(6), 1004-1010. <https://doi.org/10.2319/041806-165.1>

- De Felice, M. E., Nucci, L., Fiori, A., Flores-Mir, C., Perillo, L., & Grassia, V. (2020). Accuracy of interproximal enamel reduction during clear aligner treatment. *Progress in Orthodontics*, 21(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s40510-020-00329-1>
- Duret, F., & Preston, J. D. (1991). CAD/CAM imaging in dentistry. *Current Opinion in Dentistry*, 1(2), 150-154.
- Ender, A., Attin, T., & Mehl, A. (2016). In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(3), 313-320. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.09.011>
- Ender, A., Zimmermann, M., Attin, T., & Mehl, A. (2016). In vivo precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. *Clinical Oral Investigations*, 20(7), 1495-1504. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1641-y>
- Faltermeier, A., Behr, M., Rosentritt, M., Reicheneder, C., & Mussig, D. (2007). An in vitro comparative assessment of different enamel contaminants during bracket bonding. *The European Journal of Orthodontics*, 29(6), 559-563. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjm052>
- Fillion, D. (1995). Vor-und Nachteile der approximalen Schmelzreduktion. *Inf Orthod Kieferorthop*, 27, 64-90.
- Fleming, P., Marinho, V., & Johal, A. (2011). Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: A systematic review. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 14(1), 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1601-6343.2010.01503.x>
- Fokkinga, W. A., Kreulen, C. M., Le Bell-Rönnlöf, A.-M., Lassila, L. V. J., Vallittu, P. K., & Creugers, N. H. J. (2006). In vitro fracture behavior of maxillary premolars with metal crowns and several post-and-core systems. *European Journal of Oral Sciences*, 114(3), 250-256. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2006.00357.x>
- Freeman, J. E., Maskeroni, A. J., & Lorton, L. (1996). Frequency of Bolton tooth-size discrepancies among orthodontic patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of*

- Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 110(1), 24-27. [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(96\)70083-5](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(96)70083-5)
- Frindel, C. (2010). Clear thinking about interproximal stripping. *Journal of Dentofacial Anomalies and Orthodontics*, 13(2), 187-199. <https://doi.org/10.1051/odfen/2010208>
- Gazzani, F., Lione, R., Pavoni, C., Mampieri, G., & Cozza, P. (2019). Comparison of the abrasive properties of two different systems for interproximal enamel reduction: Oscillating versus manual strips. *BMC Oral Health*, 19(1), 247. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0934-y>
- Gegauff, A. G., & Rosenstiel, S. F. (1989). Reassessment of die-spacer with dynamic loading during cementation. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 61(6), 655-658. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(89\)80036-8](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(89)80036-8)
- Gilmore, C. A., & Little, R. M. (1984). Mandibular incisor dimensions and crowding. *American Journal of Orthodontics*, 86(6), 493-502. [https://doi.org/10.1016/S0002-9416\(84\)90355-5](https://doi.org/10.1016/S0002-9416(84)90355-5)
- Graber, L. W., Vanarsdall, R. L., Vig, K. W. L., & Huang, G. J. (2017). *Orthodontics Current Principles and Techiques* (6th Edition). Mosby Elsevier.
- Grant, G. T., Campbell, S. D., Masri, R. M., Andersen, M. R., & The American College of Prosthodontists Digital Dentistry Glossary Development Task Force. (2016). Glossary of Digital Dental Terms: American College of Prosthodontists. *Journal of Prosthodontics*, 25(S2). <https://doi.org/10.1111/jopr.12532>
- Grippaudo, C., Cancellieri, D., Grecolini, M. E., & Deli, R. (2010). Comparison between different interdental stripping methods and evaluation of abrasive strips: SEM analysis. *Progress in Orthodontics*, 11(2), 127-137. <https://doi.org/10.1016/j.pio.2010.08.001>
- Gul Amuk, N., Kurt, G., Cakmak, G., & Er, O. (2019). Evaluation of Time-Dependent Temperature Changes during Different Interdental Stripping Procedures by Thermal

- Imaging: An In Vitro Study. *Oral Health & Preventive Dentistry*, 17(6), 591-598.
<https://doi.org/10.3290/j.ohpd.a43274>
- Hamalian, T. A., Nasr, E., & Chidiac, J. J. (2011). Impression Materials in Fixed Prosthodontics: Influence of Choice on Clinical Procedure: Impression Materials: A Review. *Journal of Prosthodontics*, 20(2), 153-160. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2010.00673.x>
- Hariharan, A., Arqub, S. A., Gandhi, V., Da Cunha Godoy, L., Kuo, C.-L., & Uribe, F. (2022). Evaluation of interproximal reduction in individual teeth, and full arch assessment in clear aligner therapy: Digital planning versus 3D model analysis after reduction. *Progress in Orthodontics*, 23(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40510-022-00403-w>
- Harrell, R. E. (2018, Eylül 11). Intraoral Scanning in Orthodontic Practice. *Decisions in Dentistry*. <https://decisionsindentistry.com/article/intraoral-scanning-orthodontic-practice/>
- Hassan, L. A., & Goo, C. L. (2021). Effect of cement space on marginal discrepancy and retention of CAD/CAM crown. *Dental Materials Journal*, 40(5), 1189-1195. <https://doi.org/10.4012/dmj.2020-408>
- Hellak, A., Schmidt, N., Schauseil, M., Stein, S., Drechsler, T., & Korbmacher-Steiner, H. M. (2016). Influence of Invisalign treatment with interproximal enamel reduction (IER) on bone volume for adult crowding: A retrospective three-dimensional cone beam computed tomography study. *BMC Oral Health*, 16(1), 83. <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0281-1>
- Heusdens, M., Dermaut, L., & Verbeeck, R. (2000). The effect of tooth size discrepancy on occlusion: An experimental study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 117(2), 184-191. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(00\)70230-7](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(00)70230-7)
- Hobson, R. S., McCabe, J. F., & Hogg, S. D. (2001). Bond strength to surface enamel for different tooth types. *Dental Materials*, 17(2), 184-189. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(00\)00068-3](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(00)00068-3)

- Hudson, A. L. (1956). A study of the effects of mesiodistal reduction of mandibular anterior teeth. *American Journal of Orthodontics*, 42(8), 615-624. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(56\)90103-8](https://doi.org/10.1016/0002-9416(56)90103-8)
- Jadhav, S., Vattipelli, S., & Pavitra, M. (2011). Interproximal Enamel Reduction in Comprehensive Orthodontic Treatment: A Review. *Indian Journal of Stomatology*, 2(4), 245-248.
- Johner, A. M., Pandis, N., Dudic, A., & Kiliaridis, S. (2013). Quantitative comparison of 3 enamel-stripping devices in vitro: How precisely can we strip teeth? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 143(4), S168-S172. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.10.001>
- Joseph, V. P., Rossouw, P. E., & Basson, N. J. (1992). Orthodontic microabrasive reproximation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 102(4), 351-359. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(92\)70051-B](https://doi.org/10.1016/0889-5406(92)70051-B)
- Kalemaj, Z., & Levrini, L. (2020). Quantitative evaluation of implemented interproximal enamel reduction during aligner therapy: A prospective observational study. *The Angle Orthodontist*, 91(1), 61-66. <https://doi.org/10.2319/040920-272.1>
- Kanoupakis, P. M., Peneva, M. D., & Yordanov, V. (2011). *Qualitative Evaluation of Changes In Vivo After Interproximal Enamel Reduction*. 10(3).
- Kelsten, L. (1969). A technique for realignment and stripping of crowded lower incisors. *JPO: the journal of practical orthodontics*, 3(2), 82—84.
- Kihara, H., Hatakeyama, W., Komine, F., Takafuji, K., Takahashi, T., Yokota, J., Oriso, K., & Kondo, H. (2020). Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *Journal of Prosthodontic Research*, 64(2), 109-113. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.07.010>
- Kravitz, N. D., Kusnoto, B., BeGole, E., Obrez, A., & Agran, B. (2009). How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its*

- Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 135(1), 27-35.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.05.018>
- Kumar, S., Keeling, A., Osnes, C., Bartlett, D., & O'Toole, S. (2019). The sensitivity of digital intraoral scanners at measuring early erosive wear. *Journal of Dentistry*, 81, 39-42. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.12.005>
- Laganà, G., Malara, A., Lione, R., Danesi, C., Meuli, S., & Cozza, P. (2021). Enamel interproximal reduction during treatment with clear aligners: Digital planning versus OrthoCAD analysis. *BMC Oral Health*, 21(1), 199. <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01487-2>
- Lapenaite, E., & Lopatiene, K. (2014). *Interproximal enamel reduction as a part of orthodontic treatment*. 16(1).
- Lee, S. J., Betensky, R. A., Gianneschi, G. E., & Gallucci, G. O. (2015). Accuracy of digital versus conventional implant impressions. *Clinical Oral Implants Research*, 26(6), 715-719. <https://doi.org/10.1111/clr.12375>
- Li, P., Wang, R., Wang, Y., & Tao, W. (2020). Evaluation of the ICP Algorithm in 3D Point Cloud Registration. *IEEE Access*, PP, 1-1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2986470>
- Limones, A., Molinero-Mourelle, P., Çakmak, G., Abou-Ayash, S., Delgado, S., Martínez Vázquez De Parga, J. A., & Celemín, A. (2024). Impact of the superimposition methods and the designated comparison area on accuracy analyses in dentate models. *Journal of Dentistry*, 145, 104939. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104939>
- Livas, C., Baumann, T., Flury, S., & Pandis, N. (2020). Quantitative evaluation of the progressive wear of powered interproximal reduction systems after repeated use. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 81(1), 22-29. <https://doi.org/10.1007/s00056-019-00200-x>
- Livas, C., Jongsma, A. C., & Ren, Y. (2013). Enamel Reduction Techniques in Orthodontics: A Literature Review. *The Open Dentistry Journal*, 7, 146-151. <https://doi.org/10.2174/1874210601307010146>

- Logozzo, S., Zanetti, E. M., Franceschini, G., Kilpelä, A., & Mäkynen, A. (2014). Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Optics and Lasers in Engineering*, 54, 203-221. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2013.07.017>
- Lombardo, L., Guarneri, M. P., D'Amico, P., Molinari, C., Meddis, V., Carlucci, A., & Siciliani, G. (2014). Orthofile®: A new approach for mechanical interproximal reduction: A scanning electron microscopic enamel evaluation. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte Der Kieferorthopädie*, 75(3), 203-212. <https://doi.org/10.1007/s00056-014-0213-0>
- Macha, A. de C., Vellini-Ferreira, F., Scavone-Junior, H., & Ferreira, R. I. (2010). Mesiodistal width and proximal enamel thickness of maxillary first bicuspids. *Brazilian Oral Research*, 24, 58-63. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242010000100010>
- Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17(1), 149. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0442-x>
- Meredith, L. (2015). *The Influence of Interproximal Reduction on Enamel Roughness and Bacterial Adhesion* [(Thesis, Doctor of Clinical Dentistry)]. University of Otago.
- Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S., & Tamaki, Y. (2009). A review of dental CAD/CAM: Current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental Materials Journal*, 28(1), 44-56. <https://doi.org/10.4012/dmj.28.44>
- Moörmann, W. H. (2006). The evolution of the CEREC system. *The Journal of the American Dental Association*, 137, 7S-13S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0398>
- Munhoz, L. O., Ferreira, F. V., Ferreira, F. A. C., & Ferreira, R. I. (2012). Evaluation of proximal enamel thickness and crown measurements in maxillary first premolars. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.20396/bjos.v11i1.8641541>

- Naidu, D., & Freer, T. J. (2013). The evidence supporting methods of tooth width measurement: Part I. Vernier calipers to stereophotogrammetry. *Australian Orthodontic Journal*, 29(2), 159-163.
- Nedelcu, R., Olsson, P., Nyström, I., & Thor, A. (2018). Finish line distinctness and accuracy in 7 intraoral scanners versus conventional impression: An in vitro descriptive comparison. *BMC Oral Health*, 18(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0489-3>
- Negm, E. E., Patel, M., & Ryan, P. (2024). Impact of the superimposition reference area on intraoral scanning accuracy in a partially dentate maxilla. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, S0022391324002117. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2024.03.018>
- Ohtonen, J., Lassila, L., Säilynoja, E., & Vallittu, P. K. (2021). The Effect of Material Type and Location of an Orthodontic Retainer in Resisting Axial or Buccal Forces. *Materials*, 14(9), 2319. <https://doi.org/10.3390/ma14092319>
- O'Toole, S., Osnes, C., Bartlett, D., & Keeling, A. (2019). Investigation into the accuracy and measurement methods of sequential 3D dental scan alignment. *Dental Materials*, 35(3), 495-500. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.01.012>
- Paddock, S. W., & Eliceiri, K. W. (2014). Laser Scanning Confocal Microscopy: History, Applications, and Related Optical Sectioning Techniques. İçinde S. W. Paddock (Ed.), *Confocal Microscopy* (C. 1075, ss. 9-47). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-60761-847-8_2
- Paskow, H. (1970). Self-alignment following interproximal stripping. *American Journal of Orthodontics*, 58(3), 240-249. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(70\)90087-4](https://doi.org/10.1016/0002-9416(70)90087-4)
- Peck, H., & Peck, S. (1972). An index for assessing tooth shape deviations as applied to the mandibular incisors. *American Journal of Orthodontics*, 61(4), 384-401. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(72\)90302-8](https://doi.org/10.1016/0002-9416(72)90302-8)
- Peck, H., & Peck, S. (1975). *Reproximation (enamel stripping) as an essential orthodontic treatment ingredient*. Crosby Lockwood Staples.

- Peck, S., & Peck, H. (1972). Crown Dimensions and Mandibular Incisor Alignment. *The Angle Orthodontist*, 42(2), 148-153. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1972\)042<0148:CDAMIA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1972)042<0148:CDAMIA>2.0.CO;2)
- Peumans, M., Van Meerbeek, B., Asscherickx, K., Simon, S., Abe, Y., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (2001). Do condensable composites help to achieve better proximal contacts? *Dental Materials*, 17(6), 533-541. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(01\)00015-X](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(01)00015-X)
- Pindoria, J., Fleming, P. S., & Sharma, P. K. (2016). Inter-proximal enamel reduction in contemporary orthodontics. *British Dental Journal*, 221(12), 757-763. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2016.945>
- Proffit, W. (2007). *Contemporary Orthodontics* (4th edition). Mosby Elsevier.
- Punj, A., Bompolaki, D., & Garaicoa, J. (2017). Dental Impression Materials and Techniques. *Dental Clinics*, 61(4), 779-796. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.004>
- Radlanski, R. J., Jäger, A., Schwestka, R., & Bertzbach, F. (1988). *Plaque accumulations caused by interdental stripping*. 94(5).
- Rençber Kızılkaya, A., & Kara, A. (2024). Impact of different CAD software programs on marginal and internal fit of provisional crowns: An in vitro study. *Heliyon*, 10(2), e24205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24205>
- Richert, R., Goujat, A., Venet, L., Viguie, G., Viennot, S., Robinson, P., Farges, J.-C., Fages, M., & Ducret, M. (2017). Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2017/8427595>
- Rogers, G. A., & Wagner, M. J. (1969). Protection of stripped enamel surfaces with topical fluoride applications. *American Journal of Orthodontics*, 56(6), 551-559. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(69\)90191-2](https://doi.org/10.1016/0002-9416(69)90191-2)
- Rossini, G., Parrini, S., Castroflorio, T., Deregibus, A., & Debernardi, C. L. (2016). Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic

- purposes: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 149(2), 161-170. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.06.029>
- Samson, R. S., Varghese, E., Uma, E., & Chandrappa, P. R. (2018). Evaluation of Bond Strength and Load Deflection Rate of Multi-stranded Fixed Retainer Wires: An In-Vitro Study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 9(1), 10-14. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_632_17
- Sanea, J. A., & Omer, A. B. A.-H. (2019a). A Comparison of Thermal Changes among Four Different Interproximal Reduction Systems in Orthodontics. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 20(6), 738-742. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2589>
- Sanea, J. A., & Omer, A. B. A.-H. (2019b). A Comparison of Thermal Changes among Four Different Interproximal Reduction Systems in Orthodontics. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 20(6), 738-742. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2589>
- Santoro, M., Ayoub, M. E., Pardi, V. A., & Cangialosi, T. J. (2000). Mesiodistal crown dimensions and tooth size discrepancy of the permanent dentition of Dominican Americans. *The Angle Orthodontist*, 70(4), 303-307. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2000\)070<0303:MCDATS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2000)070<0303:MCDATS>2.0.CO;2)
- Sayinsu, K., Isik, F., Sezen, S., & Aydemir, B. (2006). New Protective Polish Effects on Shear Bond Strength of Brackets. *Angle Orthodontist*, 76(2).
- Sehgal, M., Sharma, P., Juneja, A., Kumar, P., Verma, A., & Chauhan, V. (2019). Effect of different stripping techniques on pulpal temperature: In vitro study. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 24(1), 39-43. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.24.1.039-043.oar>
- Sheridan, J. J. (1985). Air-rotor stripping. *Journal of Clinical Orthodontics : JCO*, 19(1), 43-59.

- Sheridan, J. J. (1987). Air-rotor stripping update. *Journal of Clinical Orthodontics : JCO*, 21(11), 781-788.
- Shillingburg, H. T. J., & Grace, C. S. (1973). Thickness of enamel and dentin. *Journal - Southern California Dental Association*, 41(1), 33-36 passim.
- Sifakakis, I., Pandis, N., Makou, M., Eliades, T., & Bourauel, C. (2010). A comparative assessment of the forces and moments generated with various maxillary incisor intrusion biomechanics. *The European Journal of Orthodontics*, 32(2), 159-164. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjp089>
- Son, K., & Lee, K. (2020). Effect of Tooth Types on the Accuracy of Dental 3D Scanners: An In Vitro Study. *Materials*, 13(7), 1744. <https://doi.org/10.3390/ma13071744>
- Sorrentino, R., Ruggiero, G., Leone, R., Cagidiaco, E. F., Mauro, M. I. D., Ferrari, M., & Zarone, F. (2024). Trueness and precision of an intraoral scanner on abutments with subgingival vertical margins: An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 144, 104943. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104943>
- Sousa, M. V. S., Vasconcelos, E. C., Janson, G., Garib, D., & Pinzan, A. (2012). Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 142(2), 269-273. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.12.028>
- Stroud, J. L., Buschang, P. H., & Goaz, P. W. (1994). Sexual dimorphism in mesiodistal dentin and enamel thickness. *Dentomaxillofacial Radiology*, 23(3), 169-171. <https://doi.org/10.1259/dmfr.23.3.7835519>
- Stroud, J. L., English, J., & Buschang, P. H. (1998). Enamel thickness of the posterior dentition: Its implications for nonextraction treatment. *The Angle Orthodontist*, 68(2), 141-146.
- Tuverson, D. L. (1980a). Anterior interocclusal relations. Part I. *American Journal of Orthodontics*, 78(4), 361-370. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(80\)90018-4](https://doi.org/10.1016/0002-9416(80)90018-4)
- Tuverson, D. L. (1980b). Anterior interocclusal relations. Part II. *American Journal of Orthodontics*, 78(4), 371-393. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(80\)90019-6](https://doi.org/10.1016/0002-9416(80)90019-6)

- Twesme, D. A., Firestone, A. R., Heaven, T. J., Feagin, F. F., & Jacobson, A. (1994). Air-rotor stripping and enamel demineralization in vitro. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 105(2), 142-152. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(94\)70110-5](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(94)70110-5)
- Van Kirk, L. E. J. (1959). Assessment of malocclusion in population groups. *American Journal of Public Health and the Nation's Health*, 49(9), 1157-1163. <https://doi.org/10.2105/ajph.49.9.1157>
- Vecsei, B., Joós-Kovács, G., Borbély, J., & Hermann, P. (2017). Comparison of the accuracy of direct and indirect three-dimensional digitizing processes for CAD/CAM systems – An in vitro study. *Journal of Prosthodontic Research*, 61(2), 177-184. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.07.001>
- Vellini-Ferreira, F., Cotrim-Ferreira, F. A., Ribeiro, J. A., & Ferreira-Santos, R. I. (2012). Mapping of proximal enamel thickness in permanent teeth. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 11, 481-485.
- Vicente, A., Bravo, L. A., & Romero, M. (2005). Influence of a Nonrinse Conditioner on the Bond Strength of Brackets Bonded with a Resin Adhesive System. *The Angle Orthodontist*, 75(3), 400-405. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2005\)75\[400:IOANCO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2005)75[400:IOANCO]2.0.CO;2)
- Weir, T., Shailendran, A., & Freer, E. (2022). *Prevalence of interproximal tooth reduction prescribed as part of initial Invisalign® treatment in 10 orthodontic practices.*
- Zachrisson, B. U. (1975). Fluoride application procedures in orthodontic practice, current concepts. *The Angle Orthodontist*, 45(1), 72-81. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1975\)045<0072:FAPIOP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1975)045<0072:FAPIOP>2.0.CO;2)
- Zachrisson, B. U., Minster, L., Øgaard, B., & Birkhed, D. (2011). Dental health assessed after interproximal enamel reduction: Caries risk in posterior teeth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 139(1), 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2010.09.002>

- Zachrisson, B. U., Nyøygård, L., & Mobarak, K. (2007). Dental health assessed more than 10 years after interproximal enamel reduction of mandibular anterior teeth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 131(2), 162-169. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.10.001>
- Zarone, F., Ruggiero, G., Ferrari, M., Mangano, F., Joda, T., & Sorrentino, R. (2020). Comparison of different intraoral scanning techniques on the completely edentulous maxilla: An in vitro 3-dimensional comparative analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 124(6), 762.e1-762.e8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.017>
- Zhong, M., Jost-Brinkmann, P.-G., Zellmann, M., Zellmann, S., & Radlanski, R. J. (2000). Clinical Evaluation of a New Technique for Interdental Enamel Reduction. *J Orofac Orthop*.
- Zimmermann, M., Mehl, A., Mörmann, W. H., & Reich, S. (2015). Intraoral scanning systems—A current overview. *International journal of computerized dentistry*, 18(2), 101-129.
- Zingler, S., Sommer, A., Sen, S., Saure, D., Langer, J., Guillon, O., & Lux, C. J. (2015). Efficiency of powered systems for interproximal enamel reduction (IER) and enamel roughness before and after polishing—An in vitro study. *Clinical Oral Investigations*, 20(5), 933-942. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1585-2>