



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü



**Direkt ve İndirekt Dijitalizasyon Yöntemi ile Üretilen
Lityum Disilikat Tek Kronların Marjinal ve İnternal
Uyumlarının Karşılaştırılmalı Olarak Araştırılması**

Doktora Tezi

Dt.Mehmet Uğur TÜRKYILMAZ

Protetik Diş Tedavisi Anabilimdalı

İZMİR

2021

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

**Direkt ve İndirekt Dijitalizasyon Yöntemi ile Üretilen
Lityum Disilikat Tek Kronların Marjinal ve İnternal
Uyumlarının Karşılaştırılmalı Olarak Araştırılması**

Doktora Tezi

Tezi Hazırlayan: Dt.Mehmet Uğur TÜRKYILMAZ

Danışman

Prof.Dr.Muhittin TOMAN

Protetik Diş Tedavisi Anabilimdalı

Doktora Programı

İzmir

2021

DEĞERLENDİRME KURULU ÜYELERİ

(Adı Soyadı)

(İmza)

Başkan: Prof. Dr. Muhittin Toman

.....

(Danışman)

Üye: Prof. Dr. Suna Toksavul

.....

Üye: Doc. Dr. Mehmet Sarıkanat

.....

Doktora tezinin kabul edildiği tarih:

ÖNSÖZ

Güncel protetik tedavilerde CAD/CAM teknolojileri protetik restorasyon üretimini kolaylaştırması, tedavi süresini anlamlı şekilde kısaltması sayesinde sıklıkla uygulanan bir yaklaşım haline gelmiştir ve özellikle klinik ile laboratuvar arasındaki iletişimin bel keğimi olan ölçü safhasının ayrıntılı olarak incelenmesinin yöntemlerimize katkıda bulunacağı düşünölmüştür. Bu amaçla üst seviyede emek harcanan ve özveri gösterilen doktora eğitim sürecinin araştırma konusu belirlenmiştir.

ÖZET

Direkt ve indirekt dijitalizasyon tekniği ile üretilen lityum disilikat tek kronların marjinal ve internal uyumlarının karşılaştırmalı araştırılması.

Günümüzde; CAD/CAM sistemleri ile protetik restorasyonlar uygulanırken dijital ölçüler kullanılmaktadır. Dijital ölçüler, doğrudan klinikte ağız içerisinden hekim tarafından elde edilebildiği gibi hekim tarafından alınan geleneksel ölçülerden üretilen dental modellerden laboratuvar da teknisyenlerce taranmasından da elde edilebilmektedir. Modern yaşantının getirmiş olduğu gereksinimlerden bir diğeri de klinikte seanslar esnasında harcanan sürenin ve tedavinin başlangıcı ve bitişi arasında geçen sürenin en aza indirgenmesidir. CAD/CAM sistemlerindeki gelişmeleri hızlandırdığı gibi bu sistemlere klinisyenler ve teknisyenlerce farklı yaklaşımların geliştirilmesine de ön ayak olmaktadır. Bu çalışmadaki amaç; direkt dijitalizasyon ile prepare edilmiş dişlerden elde edilen ve Polivinilsiloksan ölçüden üretilen çalışma modellerinden indirekt dijitalizasyon ile elde edilen dijital ölçüler kullanılarak, IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) bloklardan millenen tek kron restorasyonlarda internal ve marjinal uyumun karşılaştırılmasıdır. Bu amaçla, dental literatürde bugüne kadar kullanılmamış olan bir yöntem ile; restorasyon ile diş ara yüzeyindeki siman film kalınlığı mikro-CT kullanılarak hacimsel olarak değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, direkt dijitalizasyon ve indirekt dijitalizasyon grupları arasında marjinal ve internal aralık değerleri arasında hem çoklu varyans analizi sonucu gruplar genelinde hem de post hoc ikili karşılaştırma testleri sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir. Toplam hacim değerleri kıyaslandığında çoklu varyans analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken, sonrasında uygulanan ikili karşılaştırma analizi sonucunda direkt dijitalizasyon ve indirekt dijitalizasyon grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Kesitsel ölçümler 2 düzlem (Sagittal ve Frontal) üzerinde belirlenen 12 nokta referans alınarak kaydedilmiştir. Kesitsel ölçüm değerleri karşılaştırıldığında ise, 4 adet marjinal kesitten, palatinal marjinal kesit haricindeki 3 marjinal kesitte direkt dijitalizasyon istatistiksel olarak anlamlı bir farkla daha iyi sonuçlar sergilerken; internal alan kesitlerinden sadece mezyo-insizal köşe değerlerinde direkt dijitalizasyon grubu istatistiksel olarak anlamlı düzeyde üstünlük

sergilemiş, bunun dışındaki internal alan kesit ölçümlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Anahtar Kelimeler: CAD/CAM; Dijitalizasyon; Dijital Ölçü; Lityum Disilikat; Monolitik restorasyon; Marjinal ve internal uyum; İnternal hacim



ABSTRACT

A Comparative Study of Marginal and Internal Fit of Lithium Disilicate Single Crowns Produced by Direct and Indirect Digitization Techniques

Nowadays; digital impressions are used in appliance of prosthetic restorations with CAD/CAM systems. Digital impressions can be obtained directly from the mouth by the physician in the clinic or by scanning the dental models produced by the conventional impression methods performed by the physician by the technicians in the laboratory. Another requirement brought by modern life is the need to minimize the time spent during clinical sessions and the time between the beginning and the end of the treatment, which accelerates the developments in CAD/CAM systems, as well as leading the development of different approaches to these systems by clinicians and technicians. The aim of this study is; to compare internal and marginal fit of single crown restorations milled from IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) blocks, using digital impressions obtained by indirect digitalization obtained from dental models produced from conventional Polyvinylsiloxane impression and direct intraoral digitalization. For this purpose, with a method that has not been used in the dental literature until today; The cement film thickness at the intaglio surface of the restoration was evaluated volumetrically using micro-CT scans.

According to the results, statistically significant differences were detected between the marginal and internal fit values between the direct digitalization and indirect digitalization groups, according to the results of variance analysis among groups and post hoc analysis applied afterwards. When the total volume values were compared, statistically significant differences were found according to the results of variance analysis among groups; however no statistically significant difference was found between direct digitalization and indirect digitalization groups according to the post hoc analysis applied afterwards. Cross-sectional measurements were recorded with reference to 12 points determined on 2 planes (Sagittal and Frontal). When the cross-sectional measurement values were compared, for direct digitalization; 3 of 4 marginal sections except the palatal marginal section showed better results with a statistically significant difference; The direct digitalization group showed a statistically significant advantage only in mezyo-incisal corner values among the internal fit sections, except

that there was no statistically significant difference between the groups in terms of internal fit section measurements.

Keywords: CAD / CAM; Digitalization; Digital Impression; Lithium Disilicate; Monolithic restoration; Marginal and internal fit; Internal volume



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	III
ŞEKİL LİSTESİ.....	IV
TABLO LİSTESİ.....	V
RESİM LİSTESİ	VI
GRAFİK LİSTESİ	VII
KISALTMALAR LİSTESİ.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Dental Porselenin Özellikleri	2
2.2. Lityum Disilikat Esaslı Seramikler.....	2
2.3. Tam Porselen Kronlar.....	3
2.3.1. Tam Porselen Kronların Endikasyonları	3
2.3.2. Tam Porselen Kronların Kontrendikasyonları.....	3
2.3.3. Tam Porselen Kronların Avantajları.....	4
2.3.4. Tam Porselen Kronların Dezavantajları.....	4
2.3.5. Tam Porselen Kronlarda Başarısızlık Nedenleri.....	4
2.3.6. Tam Porselen Kronlarda Preparasyon.....	5
2.3.7. Tam Porselen Kronlarda Ölçü.....	6
2.3.7.1. Analog Ölçü Teknikleri.....	6
2.3.7.2. Dijital Ölçü Teknikleri.....	7
2.3.7.2.1. Direkt Dijitalizasyon.....	7
2.3.7.2.2. İn-direkt Dijitalizasyon.....	8

2.3.8. Tam Porselen Kronların Bilgisayar Destekli Tasarımı (CAD).....	9
2.3.9. Tam Porselen Kronların Bilgisayar Destekli Üretimi (CAM).....	10
2.4 - Marjinal ve İnternal Uyum Ölçme Teknikleri.....	10
2.4.1. Ölçü Replika Yöntemi.....	12
2.5. Mikro CT.....	12
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	14
4. BULGULAR.....	28
5. TARTIŞMA.....	59
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
7. KAYNAKLAR.....	70
EKLER.....	80
TEŞEKKÜR.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	82

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Preparasyon marjinal bitim tasarımları 6

Şekil 2: Ölçü replika yönteminde kesitsel ölçüm noktalarının belirlenmesi 28



TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Çalışmada ölçüm ve değerlendirmeye dahil edilen örneklerin gruplara göre dağılım tablosu.....	17
Tablo 2: Ölçüm verilerinin normal dağılım Shapiro-Wilk testi tablosu.....	32
Tablo 3: Gruplara ait marjinal, internal ve toplam hacim ortalama ve standart sapma değerleri	33
Tablo 4: Gruplara ait her bir kesitteki ölçümlerin ortalama ve standart sapma değerleri	34
Tablo 5: Tüm ölçümlere ait Levene testi veri dağılım homojenite analizi sonuç tablosu.....	35
Tablo 6: Tüm gruplardaki her bir örneğin her bir kesitine ve toplam hacmine ait ölçüm değerleri	37
Tablo 7: İnternal aralık değerlerinin varyans analizleri sonuç tablosu	52
Tablo 8: Marjinal aralık ve toplam hacim değerlerinin varyans analizleri sonuç tablosu	52
Tablo 9: Homojen veri dağılımı sergilemeyen kesitlere ait ölçüm değerlerinin varyans analizleri sonuç tablosu.....	53
Tablo 10: Homojen veri dağılımı sergileyen kesitlere ait ölçüm değerlerinin varyans analizleri sonuç tablosu	54
Tablo 11: Gruplara ait marjinal, internal aralık ve toplam hacim değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırma sonuçları	55
Tablo 12: Kesit ölçümlerine ait verilerin gruplar arası ikili istatistiksel analiz sonuç tablosu	57

RESİM LİSTESİ

Resim 1: Epoksi modellerinin üretimi için elde edilmiş polivinilsiloksan ölçüler...	18
Resim 2: İndirekt Dijitalizasyon grubu epoksi rezin modelleri	19
Resim 3: İndirekt Dijitalizasyon grubu epoksi rezin modelleri	19
Resim 4: İndirekt Dijitalizasyon grubu epoksi modellerin InEosX5 laboratuvar tarayıcısında taranması	20
Resim 5: Sirona InLab yazılımı kullanılarak dijital ölçüsü alınan dişin sistemde tanımlanması.....	21
Resim 6: Sirona InLab yazılımı kullanılarak preparasyon marjinlerinin belirlenmesi	21
Resim 7: Sirona InLab yazılımı kullanılarak internal ve marjinal siman boşluğunun tanımlanması	22
Resim 8: InLab Mc XI kazıyıcı kullanılarak E-max CAD blokların kazınması.....	23
Resim 9: Millenen pre-kristalize E-max CAD kronların Programat EP5010 porselen fırınında kristalizasyonu	23
Resim 10: Kontrol grubu üretim safhaları özet şeması	24
Resim 11: Kristalizasyonu tamamlanmış kronlara glazür uygulaması ve Programat P300 porselen fırınında bitim fırınlamasının yapılması.....	25
Resim 12: Scanco Medical μ CT50 Mikro-CT cihazı	26
Resim 13: Micro-CT görüntülemesi üzerinde kesitsel ölçüm amaçlı ölçüm noktalarının belirlenmesi	28
Resim 14: Kesit alınmamış Mikro-CT görüntüleme örnekleri	29

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Toplam siman aralığı hacmi box plot grafiği	38
Grafik 2: Marjinal aralık bölgesi box plot grafiği	38
Grafik 3: İnternal aralık bölgesi box plot grafiği	39
Grafik 4: Sagittal 1. Kesit bölgesi box plot grafiği	40
Grafik 5: Sagittal 2. Kesit bölgesi box plot grafiği	41
Grafik 6: Sagittal 3. Kesit bölgesi box plot grafiği	42
Grafik 7: Sagittal 4. Kesit bölgesi box plot grafiği	43
Grafik 8: Sagittal 5. Kesit bölgesi box plot grafiği	44
Grafik 9: Frontal 6. Kesit bölgesi box plot grafiği	45
Grafik 10: Frontal 7. Kesit bölgesi box plot grafiği	46
Grafik 11: Frontal 8. Kesit bölgesi box plot grafiği	47
Grafik 12: Frontal 9. Kesit bölgesi box plot grafiği	48
Grafik 13: Frontal 10. Kesit bölgesi box plot grafiği	49
Grafik 14: Frontal 11. Kesit bölgesi box plot grafiği	50
Grafik 15: Frontal 12. Kesit bölgesi box plot grafiği	51

KISALTMALAR

CAD: Computer Aid Design

CAM: Computer Aid Manufacturing

CAD/CAM: Computer Aid Design/Computer Aid Manufacturing

Mikro-CT:.....Micro-computed tomografi



1 – GİRİŞ

Günümüzde; CAD/CAM sistemleri ile protetik restorasyonlar uygulanırken dijital ölçüler kullanılmaktadır. Dijital ölçüler, iki farklı yaklaşım ile elde edilebilmektedir. Klinikte ağız içerisinden direkt dijital görüntüleme ile hekim tarafından elde edilebildiği gibi yine hekim tarafından ağız içerisinde geleneksel ölçüler kullanılarak oluşturulan kayıtlar ile üretilen dental modellerin laboratuvarında teknisyenlerce indirekt dijital görüntülemesi ile de elde edilebilmektedir. Dijitalizasyonun direkt olarak ağız içinde elde edilmesi ara üretim işlemlerini ve yaratabilecekleri hata payını en aza indirirken; indirekt olarak modelde elde edilmesi, kullanılan ölçü maddesinin ve ölçü yönteminin etkisi, hekimin kullandığı ölçü maddesi ve ölçü tekniği hakkında sahip olduğu bilgi ve klinik becerisi gibi pek çok restorasyon üretim başarısını etkileyecek faktörün doğmasına sebep olmaktadır. Bu noktada; hangi tekniğin, elde edilen sonuç restorasyonlarda marjinal ve internal uyum açısından daha etkin ve istikrarlı sonuçlar sağlayabildiği önemli bir soru işaretidir.

Bu çalışmada amaç; direkt dijitalizasyon ile prepare edilmiş dişlerden elde edilen dijital ölçüler ve Polivinilsiloksan ölçüden üretilen çalışma modellerinden indirekt dijitalizasyon ile elde edilen dijital ölçüler kullanılarak, IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) bloklardan millenen tek kron restorasyonlarda internal ve marjinal uyumun karşılaştırılmasıdır. Bu amaçla, dental literatürde bugüne kadar kullanılmamış olan bir yöntem ile; restorasyon ile diş ara yüzeyindeki siman film kalınlığı mikro-CT kullanılarak hacimsel olarak değerlendirilmiştir.

2 – GENEL BİLGİLER

2.1 – Dental Porselenin Özellikleri

Dental porselen; sodyum karbonat veya potasyum karbonat gibi flux'larla birlikte, feldspar ($K_2O-Al_2O_3-SiO_2$), silika (SiO_2) ve alumina'nın (Al_2O_3) birlikte fırınlanarak oluşan, bir kompozisyonu olan ve yüksek derecelerde pişirilerek elde edilen seramiktir. Porselenin ana yapı taşları; feldspar, kuartz ve kaolindir. Feldspar, porselene camı fazı verir ve porselene şeffaflık katar. Dental seramik yapısının %75-80'lik kısmını oluşturur. Kuartz, silikanın bir formudur, matriks içinde iskelet görevi görür, pişirme sırasında oluşacak büzölmeleri engeller. Yüksek sıcaklıklarda kitleyi stabilize ederek diş formunun bozulmasına engel olur. Kaolin: Suyu karıştırıldığında yapışkan hal alan kaolin, partikülleri işlenebilecek şekilde bir arada tutar, opak olduğundan dental seramiğin içine %1-5 oranında katılır.(R. W. K. Li, Chow ve Matinlinna, 2014) Ara Oksitler: Lösit, Zirkonya, Alumina ve Sanidine güçlendirici kristallerdir. Cam yapının erime derecesini düşürmek için farklı ısı porselenlerinde farklı oksitler kullanılır. Oksitlerin kullanılmasıyla porselenin fırınlanması sırasında akmaya karşı direnci sağlanırken aynı zamanda camın viskozitesi ve pişirme derecesi de düşürölür. Renk pigmentleri; dental porselene değişik renk tonları vermesi için kullanılır. Yüksek sıcaklıklara dayanıklı metal oksitlerin, feldspar ve cam tozları ile birleşmesi sonucu elde edilir.

Günümüzde kullanılan modern dental porselenlerin içindeki feldspar miktarı artırılarak, kaolin kaldırılmıştır (feldspatik porselen veya feldspatik cam) kaolin'in yerini de alumina almıştır. Kaolin ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$)(hidrate alüminum silikat); fırınlanmamış porselenin bir arada tutunmasını sağlar, opak olduğundan eser miktarda kullanılmıştır; ancak günümüz dental porselenlerin içinde kullanımı tercih edilmemektedir.(Bajraktarova-Valjakova ve diğerleri, 2018)

2.2 – Lityum Disilikat Esaslı Seramikler

Lityum Silikat esaslı cam seramikler üstün sertlik, kırılma ve aşınmaya karşı direnç gibi dental restorasyonlardan beklenen mekanik özelliklerin sağlanabilmesi amaçlı yakın geçmişte üretilmiş materyallerdir. Üstün mekanik özellikleri sayesinde cam seramikler tek ve çok üyeli sabit protetik restorasyonların (kron, köprü, veneer) yapımında kullanılmaktadır.

Lityum disilikat ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) içerisine dağılmış birbirine geçmiş iğne benzeri kristal yapılar bulunan bir cam matriks yapıya sahiptir. Bu moleküler yapı, içerisinde bulunan kristal yapılar yardımıyla oluşan çatlakların sönümlenmesine dolayısıyla hem sertliğin hem de mekanik dayanımın artmasını sağlamaktadır.(Monmaturapoj, Lawita ve Thepsuwan, 2013)

2.3 – Tam Porselen Kronlar

Tam (alt yapısız) porselen restorasyonlar özellikle anterior bölge restorasyonları olarak kullanıldıklarında daha iyi estetik sonuçlar verebilme potansiyeline sahiptirler.(Beier, Kapferer ve Dumfahrt, 2012) İdeal bir tam porselen kron; doğal diş rengine yakınlık, üstün ışık iletimi gibi üstün estetik özelliklere ayrıca; fonksiyonel ve parafonksiyonel yüklemelere karşı koyabilecek üstün bükülme direncine, kırılma dayanıklılığına, kırık yayılımına sahip olmalı ve uzun dönem hizmet edebilmelidir.(Beier ve diğerleri, 2012; Øilo ve Gjerdet, 2013)

2.3.1 – Tam Porselen Kronların Endikasyonları

Tam porselen kronların; travma ya da çürük nedeniyle kırılmış dişlerin, doğumsal ya da kazanılmış diş renklemelerinin, abrazyon, atrizyon ya da erozyon sonucu aşınmalar bulunan dişlerin varlığı ve diastema vakaları gibi estetiğin en önemli unsur halini aldığı ve kapanışta yeterli mesafenin bulunduğu vakalarda kullanımı uygundur. Estetik sebepler ile birlikte tam porselen kronların metale karşı lokal doku reaksiyonu ve alerjisi olan kişilerde de kullanımı gerekebilmektedir. Aynı zamanda doğumsal ya da kazanılmış diş eksikliklerinde implant destekli sabit protetik restorasyonlarda da endikasyonları mevcuttur.(Beier ve diğerleri, 2012; Øilo ve Gjerdet, 2013; Pjetursson, Sailer, Makarov, Zwahlen ve Thoma, 2015)

2.3.2 – Tam Porselen Kronların Kontrendikasyonları

Tam porselen kronların kullanımlarının uygun olmayacağı durumlar; kron boyu kısa ve periodontal desteği yetersiz dayanak dişlerin varlığı, sabit protetik restorasyon amaçlı preparasyon sonrasında kapanıştaki dişler ile olan mesafenin 1mm'den az olduğu durumlar, derin kapanış gibi oklüzyon bozuklukları, brüksizm gibi parafonksiyonel aktiviteye sergileyen bireyler, travma tehlikesine yatkın sporlarla uğraşan veya bu tip meslek gruplarında çalışan bireyler, ağız hijyeni yetersiz ve bu yönden motive edilemeyen bireyler, önceden basamaksız preparasyon yapılmış

dayanak dişler varlığı, çiğneme basıncının yüksek olduğu bölgeler şeklinde sıralanabilmektedir.

2.3.3 - Tam Porselen Kronların Avantajları

Tam porselen kronlar, alt yapılı sistemlerde gözlemlenebilen seramiğin iç yüzündeki opak tabakasından ve altyapı materyalinden doğan, doğal olmayan yansımalar ve görünüme sahip olmadıkları için üstün bir estetiğe sahiptirler. Radyolusent olmaları sayesinde alttaki dişin kuron pulpası ve mevcut dolgular rahatlıkla görülebilir ve radyografik teşhise imkan tanırırlar. Homojen yekpare bir yapıya sahip olmaları sonucunda alt yapılı sistemlerde görülebilen kabarcık, çatlak ya da ayrılma gibi adhesiv bir başarısızlık göstermezler. Isı iletkenliği ve ısıl genleşme katsayısı doğal dişe yakındır. Sıkıştırma kuvvetlerine karşı dayanıklıdır.(Beier ve diğerleri, 2012; Øilo ve Gjerdet, 2013)

2.3.4 - Tam Porselen Kronların Dezavantajları

Tam porselen sistemlerinde, alt yapılı sistemlere kıyasla daha fazla dikkat ve ayrıntı gerektiren bir diş preparasyonuna ihtiyaç vardır. Tam porselenler fazlasıyla rijittir dolayısıyla kırılındırırlar; gerilme kuvvetlerine karşı dayanımları düşüktür. Üretimleri özellikle de metal alt yapılı sistemlere kıyasla daha maliyetlidir. Daha dikkatli ve titiz bir laboratuvar çalışması ile üretim gerektirirler.(Beier ve diğerleri, 2012; Pjetursson ve diğerleri, 2015; Raigrodski, Chiche ve Swift, 2002)

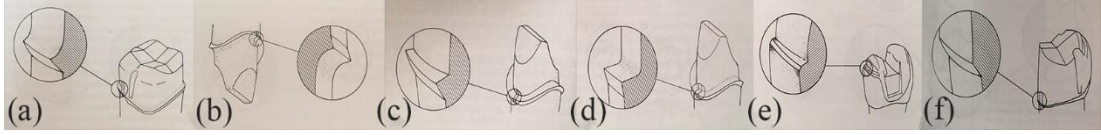
2.3.5 - Tam Porselen Kronlarda Başarısızlık Nedenleri

Destek diş dokusunun yetersizliği temel klinik başarısızlık nedenlerinden biridir. Homojen yüzey yapısını bozan porselen kalınlığındaki ani değişiklikler, porselenin düzensiz şekilde kondansasyonu ve pişirilmesi, kritik bölgelerde mekanik kusurlara neden olur. Termal şok sebebiyle mikro çatlaklar ve restorasyon kenarında büyük hava boşluklarının meydana gelmesi ve bu oluşumlar kırığa (porselen içi kohesiv başarısızlık) neden olur. Düzeltilmeyecek derecede maloklüzyona sahip bireylerde tam porselen kron uygulanması, bruksizm, diş sıkma gibi parafonksiyonel alışkanlıklar, akut mekanik travmalar tam porselen kron uygulamasında başarısızlığa neden olabilecek diğer başlıca sebeplerdir.(Borba ve diğerleri, 2011; Raigrodski ve diğerleri, 2002; Wolfart, Eschbach, Scherrer ve Kern, 2009)

2.3.6 - Tam Porselen Kronlarda Preparasyon

Planlanan protetik restorasyon, eksik diş sert dokularını tamamlamalı ve bu sağlanırken de prepare edilen diş veya dişlerin madde bütünlüğü korunmalıdır. Yapılması planlanan restorasyonlar hem diş sert dokuları hem de çevre dokular ile uyum halinde olmalıdır. Restorasyonlar ağız içinde uzun yıllar boyunca hizmet edebilmeleri için yeterli tutuculuğa ve dirence sahip olmalıdır. Kullanılan yapıştırıcı simanlar, yapılan restorasyonları tek başına ağızda tutmaya yetmez. Tutuculuk, restorasyonun prepare yüzeyin uzun eksenini boyunca yerinden çıkmasını önler. Direnç ise, restorasyonun maruz kaldığı vertikal ve oblik kuvvetler karşısında hareketi kısıtlar. Preparasyonu gerçekleştirilen dişin karşılıklı duvarlarının paralelliği tutuculukta rol oynar. Koniklik açısı tutuculuk üzerinde anlamlı bit etkiye sahiptir: koniklik açısının artması durumunda tutuculuk azalacaktır.(Kaufman, Coelho ve Colin, 1961). Siman ile restorasyon arasındaki gerilimin, koniklik açısı 0-16 derece arasındayken kabul edilebilir değerlerde olduğu ve yeterli retansiyonun bu değerler arasında sağlanabildiği ancak 20 derecenin üzerinde, gerilim yoğunluğunun arttığı da bilimsel yayınlar ile kanıtlamıştır.(El-Ebrashi, Craig ve Peyton, 1969; Weed ve Baez, 1984) Yapılması planlanan restorasyonların uzun ömürlü olabilmeleri için göz önüne alınması gereken bir diğer faktör, okluzal kuvvetlere karşı dirençleridir. Tam porselen restorasyonlar planlanırken 2 mm okluzal mesafenin bırakılması restorasyonun dayanıklılığı için gerekli bir unsurdur.

Prepare edilecek dişin servikal marjin bölgesinde horizontal yönde belli açılarla oluşturulan ve diş çepçevre saran sonlanmalar basamak olarak isimlendirilir. Farklı basamak tipleri mevcuttur ve amaçları diş sert dokularını ve çevre dokuları korumak, prepare yüzey üzerine gelecek olan restorasyona yeterli mesafe kazandırmak, restorasyonun direncini arttırmak ve gelen çiğneme kuvvetlerinin dişin uzun aksına paralel iletilmesine yardım sağlamaktır. Farklı basamak tipleri; chamfer basamak (Şekil 1a), derin chamfer basamak (Şekil 1b), shoulder basamak (Şekil 1c), iç açısı yuvarlatılmış shoulder basamak (Şekil 1d), bizotajlı shoulder basamak (Şekil 1e), knife-edge basamak (Şekil 1f) şeklinde sıralanabilmektedir.(Shillinburg, 1997)



Şekil 1: Preparasyon marjinal bitim tasarımları(Shillinburg, 1997)

Tam porselen kron restorasyonlar için marjinal bitim çizgisi olarak chamfer basamak tercih edilmektedir. Chamfer bitim çizgisi (şekil 1a) en az gerilimi yaratmaktadır ve bu sayede siman tabakasının başarısızlığa uğrama olasılığının azaltır.(Farah ve Craig, 1974) Gerekli marjinal aşındırma yuvarlak uçlu elmas frezin uç kısmı yaparken, frezin boyun kısmı gerekli aksiyal eksiltmeleri yapmaktadır. Derin chamfer basamak (şekil 1b) ise, geniş yarıçaplı bir iç açısı ve beraberinde 90 derecelik bir kavite yüzey açısı oluşturmak amaçlı uygulanmaktadır. Metal desteksiz restorasyonlar için derin chamfer basamağın daha uygun olacağı; Shillingburg ve arkadaşlarının 1973 yılında yayınlamış olduğu çalışmalarında gösterilmiştir.(Shillinburg, 1997; Shillingburg, Hobo ve Fisher, 2003) Basamak bitim çizgileri mümkün olduğunca sağlıklı mine tabakası üzerinde ölçüsünün net alınabileceği ve kolay şekillendirilebileceği konumda bitirilmelidir.

2.3.7 – Tam Porselen Kronlarda Ölçü

Dental ölçü, protetik terimler sözlüğünde; ağız içi anatomik yapıların; bu yapıların dental restorasyonların üretimi veya kalıcı arşiv oluşturmak amaçlı elde edilen negatif izdüşümü veya pozitif dijital görüntülemesi olarak tanımlanmaktadır.(Driscoll ve diğerleri, 2017)

Ölçü alımı aşaması, kron, köprü, inley, onley gibi sabit bir protetik restorasyonun üretiminde büyük önem taşımaktadır. Diş hekimliği klinik pratiğinde yıllardır konvansiyonel teknikler ile elde edilmekte olan dental ölçüler; günümüzde, polivinil siloksan ve polieter gibi gelişmiş ölçü materyallerinin de yardımıyla daha üstün bir hassasiyet ve doğruluk ile elde edilebilmektedir. Ölçü materyallerindeki gelişmelere karşın, birtakım etkenlere bağlı olarak dayanak diş preparasyonu ve ölçü ile tamamen uyumlu bir restorasyon üretimi her zaman mümkün olmayabilmektedir. Ölçü alımı esnasında meydana gelen hatalar, kullanılan materyaller yanı sıra ölçü kaşığının tipine, büyüklüğüne, kaşık adezivi kullanımına ve adeziv kullanılıyorsa kaşık adezivinin tipi ve uygulanma tekniğine ve de hekimin doğru ölçü tekniğini tercih etmemesine bağlı meydana gelmektedir(Bilir ve Ayguzen, 2020).

2.3.7.1 – Analog Ölçü Teknikleri

Analog ölçü teknikleri diş hekimliği pratiğinde uzun yıllardır süregelmekte olan ölçü alım prosedürlerini tanımlamaktadır. Analog ölçüler, hekimin klinik ortamda prefabrike veya bireysel ölçü kaşıkları kullanarak dental ölçü materyalleri yardımıyla doğrudan ağız içerisinden elde ettiği ağız içi sert ve yumuşak dokuların kayıdır.

Ölçü alımı esnasında yaygın olarak prefabrike metal ve plastik kaşıklar ile bireye özgü hazırlanan bireysel ölçü kaşıkları kullanılmaktadır. Kullanım kolaylığı ve ekonomik olmaları, prefabrike metal ölçü kaşıklarının klinik kullanımını daha yaygın tercih edilir hale getirmiştir. Analog (konvansiyonel) bir ölçünün eldesi sırasında aranılan en önemli özellik de ölçü maddesinin ölçü kaşığına retansiyonudur. Bu özellik, ölçü kaşıkları üzerinde yer alan delikler aracılığıyla desteklenirken, ölçü alımı öncesi ölçü kaşıklarına ölçü adezivi uygulanması da ölçü maddesinin retansiyonuna katkı sağlamaktadır. Metal ölçü kaşıklarında yer alan deliklerin çapları ve aralarındaki mesafeler ile ilgili belirli bir standart bulunmamaktadır (Bilir ve Ayguzen, 2020).

Sabit protetik restorasyonların ölçüsü; 4 başlıkta incelenebilir: Çift aşamalı çift fazlı putty-wash tekniği; Tek aşamalı çift fazlı putty-wash tekniği; Tek aşamalı çift fazlı enjeksiyon tekniği; Tek aşamalı tek fazlı enjeksiyon tekniği. (Rosenstiel, Martin ve Fujimoto, 2006; Shillinburg, 1997)

Çift aşamalı çift fazlı putty-wash tekniğinde; preparasyonu yapılmış dişlerin ölçüsü öncelikle koyu kıvamlı bir ölçü materyali (putty), ardından akışkan ölçü materyali (light-body) ile final ölçü elde edilir.

Tek aşamalı çift fazlı putty-wash tekniğinde ise iki farklı viskoziteye sahip ölçü materyali aynı anda uygulanarak ölçü tek seferde elde edilir. Bu teknikte akışkan kıvamlı ölçü bir enjektör yardımıyla doğrudan ağıza uygulanabilirken, visküz kıvamlı ölçü (putty) prefabrike ölçü kaşıkları üzerinde ağza uygulanmaktadır.

Tek aşamalı çift fazlı enjeksiyon tekniğinde, ölçü materyalleri ölçü makineleri ve ölçü tabancaları yardımıyla karıştırılmakta ve doğrudan ölçü kaşığına ve/veya ağza uygulanmaktadır.

Tek aşamalı tek fazlı ölçü tekniğinde ise diğer tekniklerin aksine iki farklı fazda ölçü materyali yerine orta kıvamda viskoziteye sahip (monofaz) bir ölçü materyali doğrudan ölçü kaşığına uygulanarak ölçü elde edilmektedir.

2.3.7.2 – Dijital Ölçü Teknikleri

Dijital tarama (ölçü); geometrik bir objenin bilgisayar üzerinde, bir ekranda iki boyutlu veya bir hologramda üç boyutlu olarak görüntülenebilen sayısal bir biçimde kaydedilmesi olarak tanımlanmaktadır. Diş hekimliğinde dijital ölçü; hastanın anatomik yapılarının optik tarayıcılar ile doğrudan kaydedilmesi veya dolaylı yoldan bir tanı modeli taranarak kaydedilmesi olarak tanımlanmaktadır.(Driscoll ve diğerleri, 2017)

Dijital görüntülemelerin kaydedilmesi yönünde farklı türde tarayıcılar mevcuttur ve bu tarayıcılar farklı yöntemler ile elde edilen görüntülemelerin dijitalizasyonunu gerçekleştirirler. Örneğin; Cerec (Sirona, Bensheim, Almanya), iTero (Align Technology, Inc, San Jose, Kaliforniya, ABD) ve Lava COS (3M, St. Paul, Minnesota, ABD) tarayıcılarının her birinin kendine özgü bir görüntü elde etme yöntemi bulunmaktadır.(Soares, Celiberto, Dechichi, Fonseca ve Martins, 2005)

Dijital ölçü teknikleri dental ölçülerin eldesini basitleştirerek hata payını azaltma avantajına sahiptir; fakat farklı materyallere ait yüzeylerin farklı optik özellikler sergilemesi sebebiyle tarayıcı kullanılarak elde edilen dijital ölçü verilerinde buna paralel farklılıklar meydana gelebilmekte ve bu durum da dijitalizasyonun doğruluğunu etkilemektedir.(Nedelcu ve Persson, 2014)

Dijital ölçü tekniklerinde, analog ölçü yöntemlerinde karşılaşılan; ölçü materyallerinin fiziksel özellikleri dolayısıyla, detay yansıtma kabiliyetine bağlı ölçüde detay eksikliği görülme olasılığı konvansiyonel tekniklere görece daha düşüktür. Tarama esnasında ağız içi tarayıcının sensörü tarafından odaklanamayan, dolayısıyla görüntüleme üzerinde eksik kalan kısımlar bulunsada sıfırdan bir ölçü alımı gerekmeksizin sadece eksik kalan bölgeler taranarak daha önceden oluşturulmuş dijital model üzerindeki eksikler giderilebilmektedir. Bu durum bir ölçü kaşığı ve ölçü maddesinin ağız içerisine yeniden uygulanmasını gerektirmediği için öğürme refleksini tetiklemez, hasta konforu daha yüksektir.(Bilir ve Ayguzen, 2020)

2.3.7.2.1- Direkt Dijitalizasyon

Preparasyonu tamamlanmış olan dişin dijital ölçüsünün herhangi bir ölçü materyali ile ölçüsü alınmadan ve model elde edilmeden, doğrudan ağız içi tarayıcılar kullanılarak görüntülenmesi işlemi direkt dijitalizasyon olarak tanımlanmıştır.(Miyazaki, Hotta, Kunii, Kuriyama ve Tamaki, 2009)

Dr. Mormann ve arkadaşları 1989 yılında yapmış oldukları çalışmaları sonucunda CEREC sistemini geliştirmiş ve klinik ortamda kısa bir sürede seramik onley restorasyonları üretmişlerdir.(Mormann, Brandestini, Lutz ve Barbakow, 1989) Tarayıcının dijitalizasyon kalitesindeki sınırlılıklarından ötürü aproksimal kontakt bölgesi ve marjinal bölgedeki uyumda yetersizlikler görülmüştür. Sistem geliştirilen güncel adeziv rezin simanlar sayesinde diş hekimliği pratiğinde ilerleyen geçmişte artan bir popülerliğe sahip olmuştur.

Yapılan araştırmalarda geleneksel ölçü prosedürlerinin konforsuz ve rahatsız edici olduğu, ölçü materyallerinin tadının bazı bireyleri rahatsız edebilmesi ve öğürme refleksinin tetiklenmesi sebebiyle ağız içi tarayıcılar ile yapılan taramalar hastalar tarafından da daha çok tercih edilen yöntem olmuştur.(Ahrberg, Lauer, Ahrberg ve Weigl, 2016)

Aynı zamanda geleneksel ölçü teknikleri ile karşılaştırıldığında, dijital ölçülerin doğrudan klinikte alınması; kolay tekrarlanabilirlik, dental modellerin doğrudan 3 boyutlu olarak değerlendirilebilir olması, ölçü alma süresini kısaltması sayesinde daha verimli bir yöntem olması gibi avantajları bulunmaktadır.(Yılmaz ve Aydin, 2019)

Ağız içi tarayıcılar ile elde edilen dijitalizasyonun belirli değişkenlerden etkilendiği saptanmıştır. Taranan diş yüzeyine uygulanmış farklı tipte restoratif materyaller ve doku yüzeyindeki form değişiklikleri ışığın düzensiz bir şekilde yansımaya sebebiyet verdiğinden elde edilen tarama sonucunu doğrudan etkilemektedir.(Bocklet ve diğerleri, 2019; González de Villaumbrosia, Martínez-Rus, García-Orejas, Salido ve Pradies, 2016) Ağız içi tarayıcılar ile yüksek ışık geçirgenliğine sahip materyaller tarandığında daha düşük bir doğruluk ile tarama gerçekleştirildiği bildirilmiştir.(Hong Li, Lyu, Wang ve Sun, 2017). Bu tür tarama sınırlılıklarının üstesinden gelinmesi amaçlı dijitalizasyonu yapılacak yüzeyin opak bir pudra ile kaplanması önerilen bir yöntem olsa da, direkt dijitalizasyon ile ilgili standart bir protokol bulunmayıp,

sonuçlar dijitalizasyon prosedürlerine bağlı farklılıklar sergilemektedir.(Güth, Keul, Stimmelmayer, Beuer ve Edelhoff, 2013; Nedelcu ve Persson, 2014)

2.3.7.2.2 – İn-direkt Dijitalizasyon

In-direkt dijitalizasyon; direkt dijitalizasyon yaklaşımına ilave geleneksel ölçü yöntemlerinin kullanıldığı dijitalizasyon yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, prepare edilen dişin dijital görüntülemesi doğrudan tarayıcı ile diş üzerinden yapılmaz, ağız içerisinden dental ölçü materyalleri kullanılarak üretilen alçı model üzerinde laboratuvar tipi tarayıcılar kullanılarak elde edilir. (Miyazaki ve diğerleri, 2009)

CAD/CAM cihazlarının ilk geliştirildiği dönemlerde geliştirilmekte olan CAD / CAM sistemleri üç bileşenden oluşmuş gibi görünmektedir: ölçüm ekipmanı (sayısallaştırıcı / tarayıcı), nispeten büyük işleme makinesi ve CAD süreciyle ilgili görüntülerin sayısal ifadelerinin (dijitalleştirilmesinin) bilgisayar grafiklerini 3-boyutlu olarak oluşturmak için büyük bir bilgisayar. Büyük boyuta sahip bu cihazların klinik koşullarda kullanımı her koşulda mümkün olmadığından dijitalizasyon, yoğunlukla hasta ağzından alınan geleneksel ölçülerden elde edilen dental modeller üzerinde laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir.

2.3.10 – Tam Porselen Kronların Bilgisayar Destekli Tasarımı (CAD)

Bilgisayar destekli tasarım (CAD), dijitalizasyon ardından restorasyonların herhangi bir mum modelaj olmaksızın tamamen dijital ortamda bilgisayarlar yardımıyla yapılması aşamasıdır. (Miyazaki ve diğerleri, 2009) Bilgisayar destekli tasarım teknolojileri ile ölçü aşamasında restorasyonların üretimi aşamasına kadar geçen sürenin azaltılması, tasarım yapılırken sayısal olarak siman aralığı, okluzal ve interproksimal temaslar gibi değişkenlerin tanımlanabilmesi sayesinde üretimin daha öngörülebilir olması ve dolayısıyla daha verimli bir üretim süreci hedeflenmektedir. Bilgisayar destekli tasarım teknolojileri pek çok alanda kullanılmakta olsa da, ağız içi dokuların ve tasarlanan restorasyonların komplike ve düzensiz bir 3 boyutlu yapıya sahip olmaları; daha ileri tasarım (CAD) programlarının kullanım gereksinimini doğurmuştur. CAD yazılımları ile laboratuvar ortamında teknisyenlerce yapılan mum modelaj işlemi dijital ortamda yapılabilmektedir; bu durum hataların tespitini ve hatalı görülen bölgelerin yeniden düzenlenmesini anlamlı şekilde kolaylaştırmıştır. Elde edilen modeller dijital 3 boyutlu modeller olduğundan modelaj hataları düzeltilirken

dental modelin zarar görmesi olası değildir. Aynı zamanda dental modeller dijital ortamda olduğundan, saklama koşullarına karşı geleneksel alçı modeller gibi hassas değildir.

2.3.11 – Tam Porselen Kronların Bilgisayar Destekli Üretimi (CAM)

Bilgisayar destekli üretim (CAM), dijital ortamda tasarlanan restorasyonların çıkarma (Milleme) veya ekleme (sinterleme) yöntemleri ile bilgisayar destekli üretim cihazları kullanılarak üretilmeleri aşamasıdır. (Miyazaki ve diğerleri, 2009) Bilgisayar destekli üretim (CAM) teknolojileri ile dental restorasyonların üretiminde materyal ve el hassasiyetine bağlı meydana gelebilecek boyutsal hataların önüne geçilmesi ve üretimin standardizasyonu amaçlanmıştır. Dijital ortamda tasarlanan restorasyonlarda tasarlanmış keskin köşelerin ve detayların üretimini, hassas bir şekilde gelişmiş yazılımlar (CAM) kullanılarak gerçekleştirebilecek milleme (eksiltme yöntemi) ve sinterizasyon (ekleme yöntemi) cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazlar geliştirilirken en önemli gereksinimler; dental restorasyonların karmaşık yapılarını işleyebilir hassasiyete sahip olmaları ve sanayi tipi cihazların aksine daha küçük ve dental laboratuvarlarda ve kliniklerde kullanılabilir boyutlarda üretilmeleri olmuştur. Bu noktada klinik ortamda tek kron, inley, onley ve kısa gövde mesafesine sahip köprülerin üretimine imkan sağlayan klinik tipi milleme cihazları geliştirilmiştir. Aynı zamanda büyük üretim hacmine ihtiyaç duyulan dental laboratuvarlarda hem üretim adedinin artırılması hem de üretim standardizasyonunun sağlanması hedefiyle klinik milleme cihazlarına kıyasla daha büyük boyutlara sahip laboratuvar tipi milleme cihazları geliştirilmiştir.

2.4 - Marjinal ve İnternal Uyum Ölçme Teknikleri

Sabit protetik restorasyonların ana hedefi ağız içi sert ve yumuşak dokuları koruyarak fonksiyon ve estetik kaybının onarılmasıdır. (Rosenstiel ve diğerleri, 2006) Uyumsuz bir restorasyon, bakteriler için retantif alanlar oluşturacağından dayanak dişlerde sekonder çürükler ve çevre dokularda irritasyon gibi istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Bunu önlemek amaçlı ölçü, tasarım ve üretim yöntemlerinin başarılarının denetlenmesi adına literatürde pek çok farklı yaklaşım uygulanmıştır. Nawafleh ve arkadaşları (Nawafleh, Mack, Evans, Mackay ve Hatamleh, 2013a) yapmış oldukları derlemede, literatürde sabit restorasyonların uyumunu ölçmek için kullanılan yöntemler içerisinde hangi yöntemin anlamlı şekilde başarılı olduğunu

tespit eden kanıta dayalı genel bir kanı olmadığını belirtmektedirler. Yapılan çalışmanın in-vivo veya in-vitro oluşu, çalışmadaki örneklem boyutu, diş kesim tasarımı, basamak bitim şekli ve siman aralığının ölçüldüğü aşama sonuçlara doğrudan etki ettiği için yöntemler arasında yapılan karşılaştırmalarda kesin bir yargıya varmanın da mümkün olmayacağını belirtmişlerdir. Marjinal ve internal uyum kontrolünde literatürde kullanılan teknikler şu şekilde sıralanabilmektedir; doğrudan görüş tekniği, kesit alma tekniği, ölçü replika tekniği, profilometri, dijital mikrometre ve mikro-CT.

Doğrudan görüş tekniği ile kron – marjin arası boşluk ölçülebilir. Bu teknik mikroskop kullanılarak, farklı büyütme altlarında gerçekleştirilir. Dolayısıyla kron-güçük bütünlüğünün bozulduğu; kesit alma, siman boşluğunun replikasyonu gibi prosedürler uygulanmaz. Bu sayede de daha az maliyetli ve daha kısa sürede gerçekleştirilebilen bir ölçüm tekniğidir. Çok sayıda işlem gerektirmedikinden hata oluşma ihtimali diğer yöntemlere kıyasla daha azdır.(Martins ve diğerleri, 2012; Nawafleh, Mack, Evans, Mackay ve Hatamleh, 2013b; Soares ve diğerleri, 2005) Doğrudan görüş tekniği yaygın kullanılan tekniklerden biri olsa da birtakım dezavantajlara sahiptir: sadece in-vitro uygulanabilir, ölçümün yapılacağı noktaların doğru tespiti her zaman mümkün olmayabilir, diş rengindeki siman her zaman büyütme kullanılıyor olsa bile diş sert dokularından ayırt edilemeyebilir ve preparasyon marjininin en apikal kısmının belirlenmesi zordur.(Beschnidt ve Strub, 1999; Nawafleh ve diğerleri, 2013b)

Kesit alma tekniği diğer değerlendirme yöntemlerine göre, siman boşluğu ve marjinal açıklığın vertikal ve horizontal düzlemlerde doğrudan ölçülmesine imkan sağlaması, yazılımsal veya tekrar konumlandırmaya bağlı hatalar en aza indirgenmesi, konnektöre komşu marjinal açıklıklar kesintisiz görüntülenebilmesi(Good, Mitchell, Pintado ve Douglas, 2009; Nawafleh ve diğerleri, 2013b) gibi avantajlara sahiptir. Kesit alma tekniğinin dezavantajları ise: Uzun dönem incelemeye ve üretim aşamaları öncesi-sonrası arasındaki farkın analizine imkan tanımaz ve yapılan ölçümler, incelemenin yapıldığı kesitsel düzlem ile sınırlıdır ki bu şekilde elde edilen sonuçlar bütün bir restorasyonun uyumunu yansıtmaz.(Contrepolis, Soenen, Bartala ve Laviole, 2013; Good ve diğerleri, 2009; Nawafleh ve diğerleri, 2013b) Kronun akışkan kıvamlı light body silikon ile doldurulup küçük üzerine oturtulması ile gerçekleştirilir; bu işlem simantasyonun taklit edilmesini sağlar. Light body silikonun sertleşmesi tamamlandıktan sonra küçük üzerinde stabilizasyonu için heavy-body silikon

kullanılır. Sonrasında light-body silikon çıkartılıp, kesitler alınıp, incelenebilmektedir.(Anunmana, Charoenchitt ve Asvanund, 2014)

Profilometri; invaziv olmayan, konservatif bir ölçüm yöntemidir. Aynı odak düzleminde, güdük ve örnek bir arada görülebilir; marjinal bölgede siman kalınlığı ancak dolaylı yoldan tahmin edilebilmesi ve sıralı örnek analizinde örneklerin tekrar pozisyonlandırılma gereksinimi doğması gibi birtakım kısıtlılıklara sahiptir;.(Balkaya, Cinar ve Pamuk, 2005) Simantasyon öncesi ve sonrasında yapılan kron boyu ölçümlerinin karşılaştırılması esasına dayanan ölçüm yöntemidir. Bu iki veri arasındaki fark marjinal uyumdan sapma miktarının elde edilmesini sağlar.(Swain ve Xue, 2009)

Mikro CT, tıp alanında uzun süredir kullanılmasına karşın dental araştırmalarda daha yakın geçmişte yerini almıştır, bunun temel sebebi de görüntüleme cihazlarında elde edilen geliştirmeler ve ilerlemelerdir.(Nawafleh ve diğerleri, 2013b)

2.4.1 – Ölçü Replika Yöntemi

Ölçü replika yöntemi; kronun akışkan kıvamlı light body silikon ile doldurulup güdük üzerine oturtulması ile gerçekleştirilir; bu işlem simantasyonun taklit edilmesini sağlar. Sonrasında light-body silikon çıkartılıp, kesitler alınıp, incelenebilmektedir.(Anunmana ve diğerleri, 2014) Kron marjinlerinin ve bitim çizgisinin tespitinde zorluk, elastomerik film tabakasının kron içerisinden uzaklaştırılması esnasında yırtılması ve kesit düzleminin doğru belirlenmemesi durumunda normalden yüksek bulgular elde edilmesi bu yöntemin dezavantajlarıdır.(Nawafleh ve diğerleri, 2013)

Ölçü replika tekniği uygulanırken, akışkan ölçü materyali örnek iç yüzeyinden ayrılmadan hemen önce, silikon film tabakasının içerisine koyu kıvamlı bir silikon ölçü enjekte edilerek bu ince film tabakasının deforme olmadan örnek iç yüzeyinden ayrılması sağlanmaktadır. Koyu kıvamlı ölçü ile desteklenen akışkan silikon ölçü film tabakasının farklı bölgelerdeki kalınlık ölçümleri, örnek iç yüzeyinden ayrıldıktan sonra, kesitler elde edilerek mikroskop altında büyütme ile elde edilebilmektedir.

Ölçü replika tekniğinin farklı bir yaklaşımı ise, kron, day üzerine sabitlendikten sonra üzerinden alınan bir ölçü ile marjinal aralığın kayıdır. Sonrasında bu ölçüden epoksi rezin bir model elde edilerek, elde edilen epoksi rezin model üzerinde marjinal aralık

ölçümü yapılabilir (Nawafleh ve diğeri, 2013). Uygun silikon ölçü materyali kullanıldığında siman aralığı ölçüm yapılan bölgeden bağımsız olarak her bölgede kopyalanabilmekte ve kalınlığı ölçülebilmektedir. (Laurent, Scheer, Dejou ve Laborde, 2008)

2.5 – Mikro CT

Mikro CT, yalnızca iki boyutlu görüntü sunan geleneksel radyografi yöntemlerine kıyasla, birden fazla görüntüleme açısı ile 3 boyutlu uzaysal inceleme yapma imkanı sağlamaktadır. Yakın geçmişte micro ct cihazlarının daha kompakt bir hale gelmesi, bu cihazları pek çok akademik ve endüstriyel laboratuvarın gerekli elemanlarından biri haline getirmiştir. Görüntüleme işlemi konservatif bir şekilde uygulandığından, örneğin bütünlüğü korunmaktadır ve bu sayede örnek görüntülemeler sonrasında, daha ileri biyolojik ve mekanik incelemelerin yapılabilmesi için elverişli formunu koruyabilmektedir (Piemjai, 2001; Swain ve Xue, 2009)

Kim ve arkadaşları; model üzerinde, 3 boyutlu tarayıcı ve fotoğraf üzerinde ölçüm yöntemleri ile Mikro CT yöntemini karşılaştırmışlardır. Güvenilir bir ölçüm yöntemi ve mesafelerin ölçülmesi veya dişlerin iç ve dış yapılarının incelenmesi için kullanılabilir bir yöntem” olduğunu belirtmişlerdir. (I. Kim, Paik ve Lee, 2007; Haiyan Li, Li, Yun, Liu ve Fok, 2011) Siman boşluğunun her bölgede homojen olamayacağı göz önünde bulundurulduğunda yalnızca kesitsel 2 boyutlu ölçümler bütün internal ve marjinal boşluğun ölçümü adına tam anlamıyla yeterli veri sunamamaktadır. Prudente ve arkadaşlarının 2018 yılında yayınlanan çalışmalarında internal boşluğun hacimsel ölçümü kesitsel ölçüm verileri ile birlikte kaydedilmiştir ve çalışmanın sonuçları bu görüşü destekler niteliktedir. (Ghaemi ve diğeri, 2017)

İn vitro gerçekleştirdiğimiz çalışmamızda sıfır hipotezi (H_0); CAD/CAM ile üretilen lityum disilikat tek kron restorasyonlarında direkt dijitalizasyon yöntemi ile üretilen ve in-direkt dijitalizasyon yöntemi ile üretilen kronların marjinal ve internal uyumlarının ve internal hacim değerlerinin arasında istatistiksel olarak fark yoktur olarak kurulmuştur. H_1 hipotezi ise; CAD/CAM ile üretilen lityum disilikat tek kron restorasyonlarında direkt dijitalizasyon yöntemi ile üretilen ve in-direkt dijitalizasyon yöntemi ile üretilen kronların marjinal ve internal uyumlarının ve internal hacim değerlerinin arasında istatistiksel olarak fark vardır olarak kurulmuştur.

Gerçekleştirilen bu çalışma bünyesinde oluşturan bir diğer hipotez ise; Lityum disilikat kronların bilgisayar destekli (CAD/CAM) üretimi ve ısı ile pressleme yoluyla üretimi arasında marjinal, internal aralık ve toplam siman aralığı hacmi değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur şeklinde kurulmuştur.

In-vitro koşullarda yürütülen çalışmamızın amacı; direkt dijitalizasyon ile prepare edilmiş dişlerden elde edilen dijital ölçüler ve Polivinilsiloksan ölçüden üretilen çalışma modellerinden indirekt dijitalizasyon ile elde edilen dijital ölçüler kullanılarak, IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) bloklardan millenen tek kron restorasyonlarda internal ve marjinal uyumun karşılaştırılmasıdır.



3 – GEREÇ VE YÖNTEM

Fantom çene üzerinde üst santral kesici plastik diş (Frasaco, Tettang, Almanya) sabitlenmiştir. Laboratuvar ortamında, tek bir hekim tarafından full kron preparasyonu gerçekleştirilmiştir. Preparasyon, 1.5mm insizal aşındırma, 1.0mm aksiyal aşındırma ve 1.2mm genişliğinde 120°lik chamfer basamak ile tamamlanmıştır. Preparasyon tasarımı planlanırken Ivoclar firmasının Lityum Disilikat ingot ve CAD/CAM bloklarından hazırlanacak olan restorasyonlar için tanımlanmış minimal kalınlık değerleri referans alınmıştır. Minimal invaziv bir yaklaşımla preparasyonun gerçekleştirilmesi amaçlı preparasyon esnasında preparasyon derinliği aşama aşama preparasyonu gerçekleştiren hekim tarafından preparasyon öncesinde hazırlanmış bir silikon anahtar kullanılarak devamlı kontrol edilmiştir. Preparasyon derinliği kontrolünün eksiksiz olarak yapılabilmesi adına, Sagittal ve Frontal düzlemler üzerinde kontrole imkan sağlayacak şekilde iki adet koyu kıvamlı polivinilsiloksan ölçüden (Elite HD+, Zhermack, Veneto, Italya) silikon anahtar elde edilmiştir. Bu anahtarlar, biri mezyo-distal doğrultuda, diğeri ise vestibülo-palatinal doğrultuda insizal kenarın ortasından geçecek şekilde bistüri yardımıyla kesilerek preparasyon derinlik kontrolü için hazır hale getirilmiştir.

Çalışmada örnekler 3 grupta ele alınmıştır.(tablo 1) 1. Grup (indirekt dijitalizasyon grubu); polivinilsiloksan ölçüden elde edilen epoksi rezin (Model Material, Torr Dental, İstanbul, Türkiye) çalışma modellerinden dijitalizasyon yapılan grup; 2. Grup (direkt dijitalizasyon grubu) doğrudan kesik dişin taranması ile direkt dijitalizasyon yapılan grup olarak saptanmıştır. 1. ve 2. Grup örneklerin restorasyonları IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) bloklardan millenerek üretilmiştir. 3. Grupta ise (kontrol grubu) polivinilsiloksan ölçüden elde edilen epoksi rezin çalışma modellerinden dijitalizasyon yapılacak ve bu grup örnekleri için restorasyonlar IPS e.max press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ingotlardan ısı ile press yöntemiyle üretilmiştir. Isı ile press yöntemi ile üretilen örneklerin mum modelajı, mum bloklardan (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) kazıma yöntemiyle elde edilmiştir. Tüm örnekler için analog ve dijital ölçüler aynı hekim tarafından gerçekleştirilmiştir. Bütün kronlar için dijital tasarım yapılırken kronun her bölgesinde siman aralığı 40µm olarak belirlenmiştir. Her üç grup için de örnek sayısı, gerçekleştirilen power analiz sonrasında istatistiksel olarak anlamlılık düzeyinin 0.05'e eşit olması ve uygun istatistiksel analizlerin yapılabilmesi adına; 10 olarak

belirlenmiştir. 3. Grup kontrol grubu, 1. ve 2. Gruplar ise deney grubu olarak sınıflandırılmıştır.

Grup No	Grup Tanımı	Uygulanan Yöntem	Örnek Sayısı (N)
Grup 1	Deney Grubu 1	İn-direkt Dijitalizasyon ile CAD/CAM Grubu	10
Grup 2	Deney Grubu 2	Direkt Dijitalizasyon ile CAD/CAM Grubu	10
Grup 3	Kontrol Grubu	Analog ölçü ve ısı- press ile üretim Grubu	10

Tablo 1: Çalışmada ölçüm ve değerlendirmeye dahil edilen örneklerin gruplara göre dağılım tablosu

Analog ölçü için Polivinilsiloksan (a-tipi silikon) (Elite HD+, Zhermack, Veneto, İtalya) ölçü kullanılmıştır (resim 1) ve epoksi rezin (Model Material, Torr Dental, İstanbul, Türkiye) ile çalışma modelleri yine ölçüyü alan hekim tarafından oluşturulmuştur (resim 2,3), ölçü tek seferde çift karıştırma tekniği ile tek aşamada alınmıştır. Dijital ölçüler ise Sirona Omnicam (Sirona, Bensheim, Almanya) ağız içi tarayıcı kullanılarak, yine preparasyonları yapan hekimce bir örneklem grubu için doğrudan bloklar üzerinde dişler taranarak, diğer gruplar için ise epoksi rezin (Model Material, Torr Dental, İstanbul, Türkiye) model taranarak elde edilmiştir.

İndirekt dijitalizasyon ve kontrol gruplarına ait örneklerin hazırlığında koyu ve akışkan kıvamlı polivinilsiloksan ölçü materyallerinden konvansiyonel ölçüler elde edilirken ölçü için, preparasyon yüzeyine ait bütün yüzeylerde optimal ölçü kalınlığını sağlayacak PMMA (polimetylmetakrilat) kalıplar kullanılmıştır (resim 1). Prepare edilen plastik maksiller santral kesici diş (Frasaco, Tettang, Almanya) preparasyonu yapan hekim tarafından, preparasyon yüzeyi insizal kenar düzlemi yere paralel, yer düzlemine bakacak ve preparasyon uzun eksenini yer düzlemine dik olacak şekilde ölçü içerisine koyu ve akıcı kıvamlı ölçü materyalleri aynı anda yüklenmiş PMMA kalıplara

parmak basısı ile yerleştirilmiş ve sabit bir parmak basısı ile ölçü maddesinin sertleşmesi üretici firma tarafından önerilen süre boyunca beklenmiştir. Ölçülerin boyutsal değişimlere uğramasına bağlı model hatalarının önüne geçilmesi amaçlı vakit kaybedilmeden epoksi rezin (Model Material, Torr Dental, İstanbul, Türkiye) modeller ölçüleri kaydeden hekim tarafından laboratuvar ortamında elde edilmiştir.



Resim 1: Epoksi modellerinin üretimi için elde edilmiş polivinilsiloksan ölçüler



Resim 2: İndirekt Dijitalizasyon grubu epoksi rezin modelleri



Resim 3: İndirekt Dijitalizasyon grubu epoksi rezin modelleri

İndirekt dijitalizasyon grubuna ait örneklerin polyvinilsiloksan ölçülerden (Elite HD+, Zhermack, Veneto, Italya) üretilen epoksi rezin (Model Material, Torr Dental, İstanbul, Türkiye) modellerin dijital ölçülerini elde etmek amaçlı taramaları, laboratuvar ortamında, InEosX5 (Sirona, Bensheim, Almanya) laboratuvar tarayıcısı

kullanılarak gerçekleştirilmiştir (resim 4). Taramalar yapılırken epoksi rezin modeller konvansiyonel ölçülerin eldesinde kullanılan kalıplar içerisine preparasyon yüzeyinin insizal kenarı yukarıda ve insizal kenar düzlemi yer düzlemiyle paralel olacak şekilde yerleştirilmiştir. Her bir tarama öncesinde modellerin InEosX5 (Sirona, Bensheim, Almanya) laboratuvar tarayıcısı kalibre edilerek ölçümlerde hata oluşumunun önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Direkt dijitalizasyon grubuna ait örneklerin hazırlığında ise konvansiyonel bir ölçü malzemesi kullanılmaksızın, dijital görüntüleme; preparasyonu gerçekleştiren hekim tarafından, doğrudan prepare edilmiş plastik maksiller sağ santral diş (Frasaco, Tettang, Almanya), Sirona Omnicam (Sirona, Bensheim, Almanya) ağız içi tarayıcı yardımıyla taranarak in-vitro koşullarda gerçekleştirilmiştir. Prepare edilen diş indirekt dijitalizasyon grubu örneklerinin hazırlığı amaçlı kullanılan ölçü kalıpları ile aynı materyalden yapılmış ve aynı ölçülere sahip bir kalıp içerisinde görüntülemeleri gerçekleştirilecek hekim tarafından görüntüleme işlemleri öncesinde preparasyon yüzeyi insizal kenar düzlemi yer düzlemine paralel ve yukarıda yer alacak şekilde sabitlenmiştir. Prepare edilen diş yüzeyi gerçekleştirilecek görüntülemeler öncesinde tarama hatalarının oluşmasının önüne geçilmesi adına toz ve nem partiküllerinden her bir tarama öncesinde taramayı gerçekleştirecek hekim tarafından arındırılmıştır. Her görüntüleme arasında temizleme işlemi tekrarlandığından pozisyonel bir değişiklik ve buna bağlı bir hata meydana gelme olasılığını en aza indirmek adına her bir tarama öncesinde preparasyon yüzeyi insizal kenar düzleminin yer düzlemine paralelliği her tarama öncesinde tekrar kontrol edilmiştir.



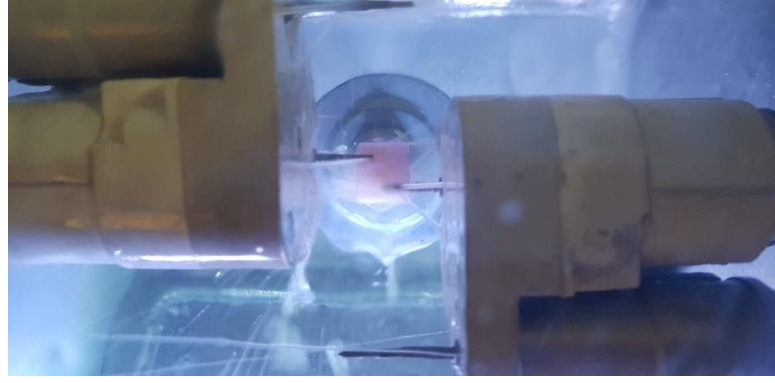
Resim 4: İndirekt Dijitalizasyon grubu epoksi modellerin InEosX5 laboratuvar tarayıcısında taranması

21

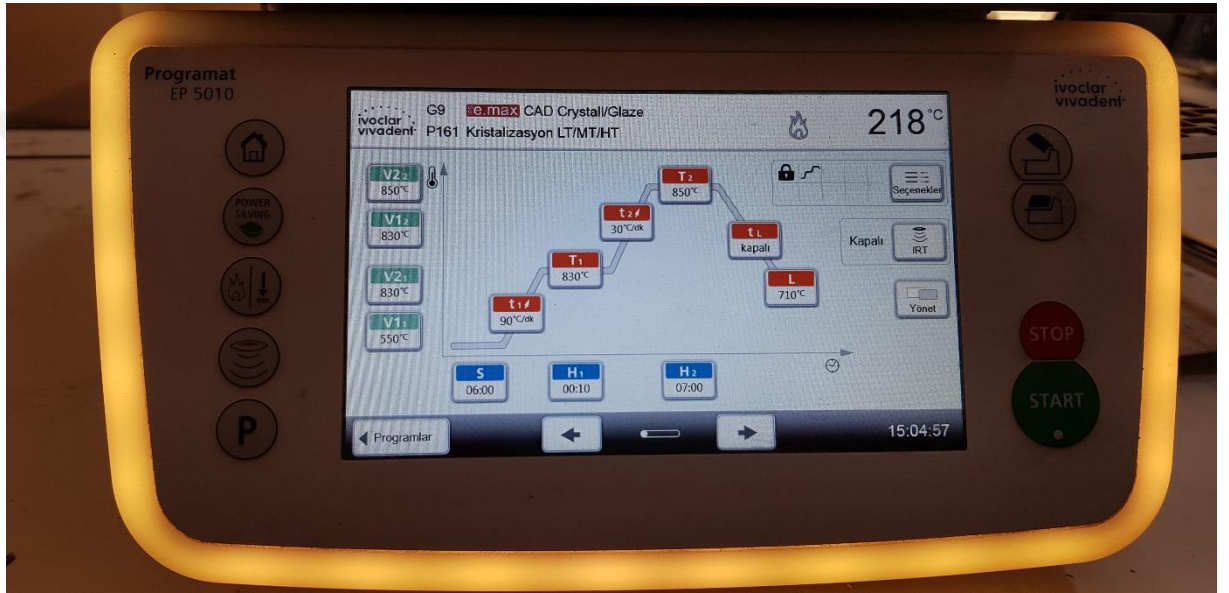


Resim 7: Sirona InLab yazılımı kullanılarak internal ve marjinal siman boşluğunun tanımlanması

Bütün indirekt dijitalizasyon ve direkt dijitalizasyon grubu örnekleri (N=20) için Lityum disilikat kronların üretimi, yazılım yardımıyla tarif edilen internal, marjinal siman aralığı değerleri, restorasyon kalınlığı ve tasarımı, InLab Mc Xl (Sirona, Bensheim, Almanya) kazıyıcısına aynı şekilde aktarılarak gerçekleştirilmiştir (resim 8). CAD/CAM kronların üretiminde A2 renge sahip C14 boyutta IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) bloklar kullanılmıştır. Her bir örneğin millenmesi öncesinde kazıyıcı cihaz hata oluşumunun önlenmesi amaçlı tekrar kalibre edilmiştir. Prekristalize fazda millenen lityum disilikat CAD/CAM blokların millenmesi sonlandıktan sonra düşük devirde elmas frezler ile konnektörler kesilmiştir. Prekristalize fazdaki kronlar, Programat EP5010 porselen fırınında (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) firma tarafından önerilen parametreler dikkate alınarak kristalizasyon işlemine tabi tutulmuşlardır (resim 9). Kristalizasyon işlemi tamamlanan restorasyonların tesfiyesi gerçekleştirilmiş ve glazür uygulaması ile bitim fırınlaması uygulanmıştır. Glazür ve tesfiye uygulamaları tüm gruplar (N=30) için aynı prosedür ile yapılmış olup gereç ve yöntem kısmının ilerleyen kısımlarında açıklanmıştır.



Resim 8: InLab Mc XI kazıyıcı kullanılarak E-max CAD blokların kazınması



Resim 9: Millenen pre-kristalize E-max CAD kronların Programat EP5010 porselen fırınında kristalizasyonu

Kontrol grubu restorasyonları hazırlanırken, hata payını en aza indirmek ve deney grupları ile daha dengeli bir karşılaştırma yapılabilmesi adına konvansiyonel ölçülerden elde edilen epoksi rezin (Model Material, Torr Dental, İstanbul, Türkiye) modellerin laboratuvar ortamında, InEosX5 (Sirona, Bensheim, Almanya) laboratuvar tarayıcısı kullanılarak dijital ölçüleri elde edilmiştir. Aynı şekilde sonrasında yapılacak gruplar arası çoklu analizler ve ikili grup karşılaştırmalarında standardizasyonun sağlanması amaçlı dijital ortamda mum modelaj tasarımı yapılırken (CAD) bütün kontrol grubu örnekleri için internal ve marjinal siman boşluğu bütün bölgelerde 40µm olarak belirlenmiştir. Dijital olarak tasarlanan mum modelajlar, Pro Art CAD Wax (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) CAD/CAM mum bloklarından millenerek hazırlanmıştır. Ardından bu mum modelajlar manşete alınmış ve HT A2 renkte 100g

E-max ingotlar (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) kullanılarak firma tarafından önerilen parametreler ile Programat EP5010 porselen fırınında ısı ile press yöntemiyle kontrol grubu kronları üretilmiştir .(resim 10)



Resim 10: Kontrol grubu üretim safhaları özet şeması

Tüm gruplara ait örneklerin tesfiye, glazür uygulaması ve bitim fırınlaması her bir örnek için aynı basamaklar takip edilerek gerçekleştirilmiştir. Kristalizasyonu tamamlanan CAD/CAM kronlar ısı ile presslenerek üretilmiş ve uygun koşullarda soğuması beklenmiş kronların Programat P300 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) porselen fırını firma talimatlarına uygun koşullarda kullanılarak, bitim işlemleri gerçekleştirilmiştir (resim 11). Glazür uygulaması aynı araştırmacı tarafından fırça yardımıyla yapılmıştır. Bu in-vitro çalışma bünyesinde monolitik lityum disilikat kron uygulamaları üzerine çalışıldığından restorasyonların bitim aşamasında tabakalama uygulanması amaçlı herhangi bir freze işlemi uygulanmamış olup doğrudan glazür uygulaması gerçekleştirilmiştir.



Resim 11: Kristalizasyonu tamamlanmış kronlara glazür uygulaması ve Programat P300 porselen fırınında bitim fırınlamasının yapılması

Örneklerin mikro-CT görüntülemeleri elde edilirken; her bir örnekten silikon replika elde edilmiş ve her bir silikon replika, örneklerden ayrıldıktan sonra tarama tüpüne x-ışınları, silikon replikaların örneklerin insizal kenarına denk gelen yüzeyine dik gelecek şekilde sabitlenmiştir. Mikro-CT görüntülemeleri; Scanco Medical μ CT50 (Scanco Medical, Zürich, Switzerland)(resim 12) görüntüleme cihazında gerçekleştirilmiş ve yapılan ön çalışma neticesinde aşağıdaki parametrelerde çekim için ayarlanmıştır:

Enerji: 55 kV

Kaynak akımı: 145 mA

Entegrasyon süresi: 300 ms

Görüş alanı/çapı: 15.2 mm

Voksel büyüklüğü: 14.8 μ m

Filtre: 0.5 mm Al

3D analiz süresi: 224 dk

Kalibrasyonu yapılan cihaz içerisinde yer alan tüplere her bir silikon replika tek tek yerleştirilmiştir. Silikon replikalar tüp içerisinde pamukla desteklenerek yer düzlemine dik durmaları sağlanmıştır.



Resim 12: Scanco Medical µCT50 Mikro-CT cihazı

Silikon replika metodu ile ölçüsü elde edilmiş internal ve marjinal bölgenin micro ct görüntülemeleri üzerinde, sagittal kesit, frontal kesit olmak üzere 2 düzlem üzerinde doğrusal ölçümler ve bunlara ek olarak bütün siman boşluğunun hacimsel ölçümü elde edilmiştir. Ölçüm alınacak noktalar belirlenirken marjinal boşluk bölgelerine denk gelen 1. ve 5. ölçüm noktaları için sagittal düzlem üzerinde örneğe ait en vestibüler ve en palatinal pozisyonda yer alan noktalar, 6. ve 12. noktalar için ise frontal düzlem üzerinde örneğe ait en mezyal ve en distal pozisyonda yer alan noktalar seçilmiştir. İnsizal kenara ait orta noktalar belirlenirken (sagittal 3, frontal 9) cismin kütle merkezinden belirlenen düzlem üzerinde insizel kenara doğru bir dikme çizilmiş ve kesişimi olan örneğin preparasyon yüzeyine ait noktalar referans alınmıştır. Frontal kesime ait insizal kenar köşe ölçüm noktaları (frontal 8 ve frontal 10) belirlenirken, 9.noktanın yer aldığı kenara paralel uzanan doğru ile aksiyal kenar eğimlerine paralel uzanan doğruların kesişim noktaları referans alınmış ve bu noktalardan restorasyon yüzeyine indirilen dikmelerin kesişim noktaları frontal 8 ve frontal 10 noktaları olarak belirlenmiştir. Aksiyal yüzlere ait ölçüm noktaları belirlenirken ise; sagittal düzlemde, sagittal 2 noktası için sagittal 1 – sagittal 3 noktalarından, sagittal 4 noktası için sagittal

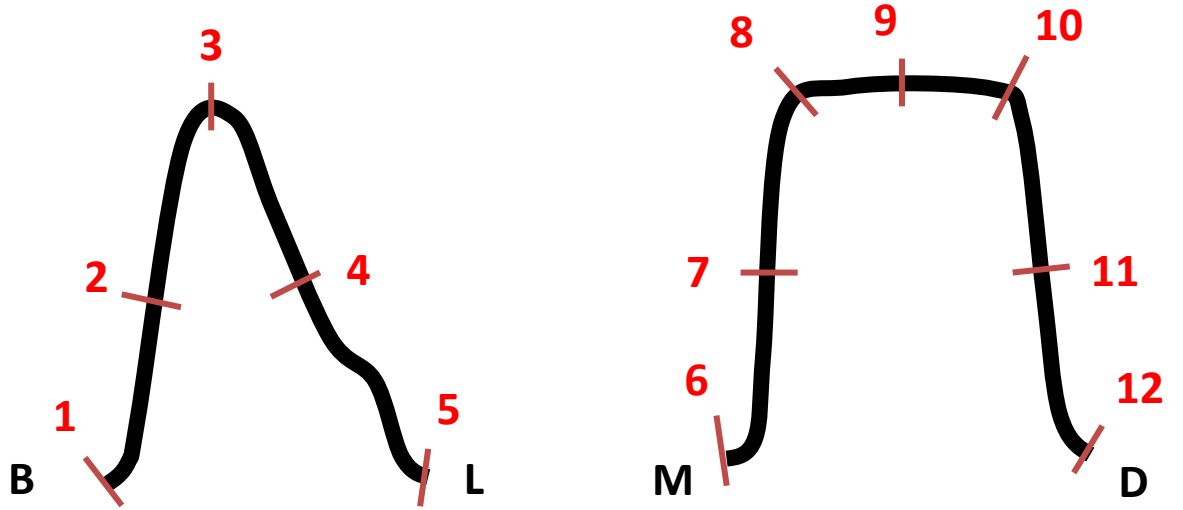
3 – sagittal 5 noktalarından geçen doğruların bu noktalara göre orta noktaları belirlenmiş ve aksiyal yüzeye indirilen dikmelerin preparasyon yüzeyindeki kesişim noktaları sagittal 2 ve sagittal 4 noktaları olarak belirlenmiştir. Frontal kesitte bu noktalar belirlenirken ise frontal 7 için frontal 6 – frontal 9 noktalarından, frontal 11 için frontal 9 – frontal 12 noktalarından geçen doğruların bu noktalara göre orta noktalarından aksiyal yüzeye indirilen dikmelerin preparasyon yüzeyindeki kesişim noktaları frontal 7 ve frontal 11 noktaları olarak belirlenmiştir.(şekil 2, resim 13)

Tarama işlemi sonrasında elde edilen iki boyutlu TIFF formatı, mikro-CT kullanılarak üç boyutlu görüntüler (STL formatı) haline getirilmiştir (resim 14). STL formatında elde edilen görüntüler ile örneklerin hacim değerleri mm^3 cinsinden kaydedilmiştir. Elde edilen ölçüm değerlerinin kaydı tek araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir.

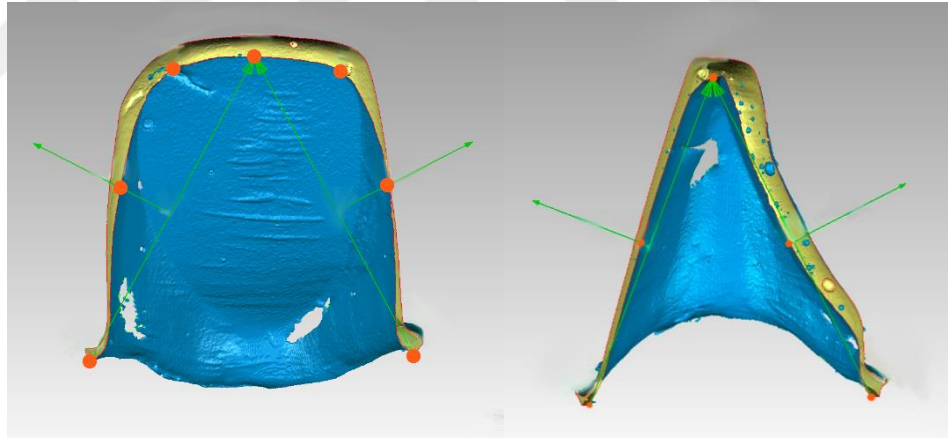
Benzer ölçümler yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde görülmüştür ki, yalnızca kesitsel olarak 2 boyutlu ölçüm yapıldığında elde edilen veriler bütün internal ve marjinal boşluğu değerlendirmek adına yetersiz kalabilmektedir. Bunun sebebi tüm marjinal kesitler veya aksiyal kesitler boyunca homojen bir yapının kesin olarak elde edilememesi olabilir; bu nedenle de belirlenen kesitsel ölçümlerin alınmasına ilaveten bütün bir hacmin referans alınmasının elde edilecek sonuçların doğrulanması adına daha güvenilir olacağı düşünülmüştür.(Prudente ve diğerleri, 2018)

Veri analizleri IBM SPSS (Statistical Package for Social Sciences) Statistics for Windows, Version 25.0 (IBM Corp. Released 2017., Armonk, NY) paket programı kullanılarak Ege Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Ana Bilim Dalı bünyesinde gerçekleştirilmiştir.

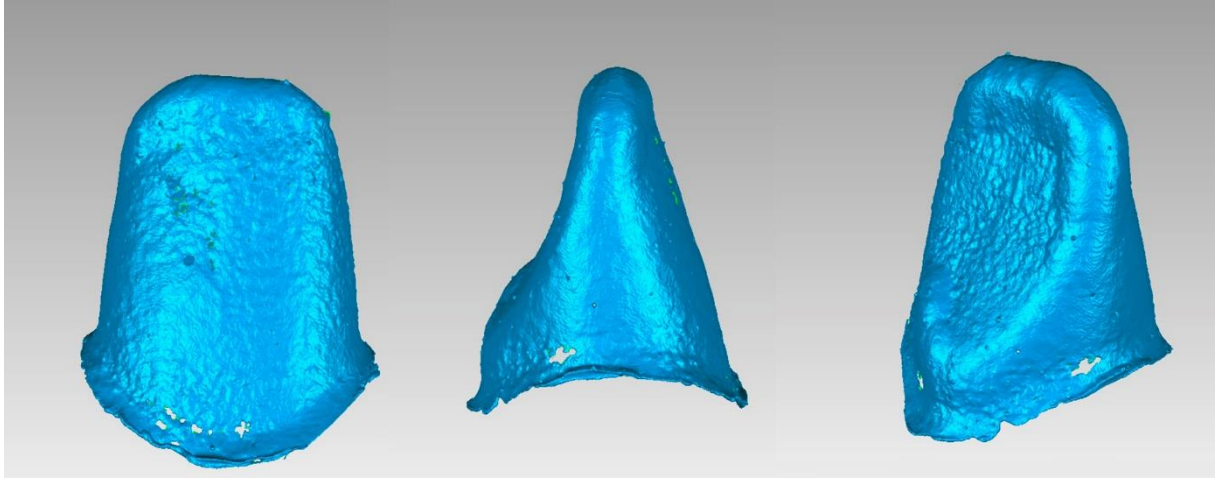
Normal dağılımı kontrol etmek için tüm veriler üzerine Kolmogorov-Smirnov testi uygulandı ($p=0.05$). Varyans dağılımlarının homojen olup olmadıkları Levene testi ile analiz edildi. Çıkan sonuçlara göre varyans dağılımları homojen olan ikili karşılaştırma gruplarında Tukey HSD post hoc testi uygulandı. Varyans dağılımları homojen olmayan ikili karşılaştırma gruplarında ise Dunnett T3 post hoc testi uygulandı.



Şekil 2: Ölçü replika yönteminde kesitsel ölçüm noktalarının belirlenmesi



Resim 13: Micro-CT görüntülemesi üzerinde kesitsel ölçüm amaçlı ölçüm noktalarının belirlenmesi: (a) Frontal kesti, (b) Sagittal Kesit



Şekil 14: Kesit alınmamış Mikro-CT görüntüleme örnekleri

4 – BULGULAR

CAD/CAM lityum disilikat tek kron restorasyonlarında direkt dijitalizasyon yöntemi ile üretilen ve in-direkt dijitalizasyon yöntemi ile üretilen kronların marjinal ve internal uyumlarının ve internal hacim değerlerinin arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur şeklinde kurulan sıfır hipotezi reddedilmiştir.

Tüm hipotez kontrolleri 0.05 önem seviyesinde gerçekleştirilmiştir; yani $p < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Kaydedilen ölçüm verilerinin dağılımının normal dağılıma uygunluğunun belirlenmesi için Shapiro-Wilk testi (tablo 2) uygulanmış ve veri dağılımının normal dağılıma uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre gruplar arası çoklu analizler ve bu analizlerde anlamlı fark bulunan ölçümlerin gruplar arası çoklu analizlerinde parametrik analiz yöntemleri uygulanmıştır.

Grup içi veri dağılımının homojenliği Levene testi ile test edilmiştir. Homojen veri dağılımı sergileyen veri gruplarının çoklu analizleri için parametrik bir analiz yöntemi olan F Testi; bu testte istatistiksel olarak anlamlı fark sergileyen veri gruplarının ikili analizleri için ise yine parametrik bir analiz yöntemi olan Tukey HSD post-hoc testi uygulanmıştır. Homojen veri dağılımı sergilemeyen veri gruplarının çoklu analizleri için parametrik bir analiz yöntemi olan Welch Testi; bu testte istatistiksel olarak anlamlı fark sergileyen veri gruplarının ikili analizleri için ise yine parametrik bir analiz yöntemi olan Dunnett T3 Testi uygulanmıştır.

Levene testi sonucunda (tablo 5) homojen veri dağılımı göstermediği gözlemlenen ($p < 0.05$); Sagittal 2, 3, 4, 5, Frontal 6, 7, 8, 9, 12 kesitlerine ait ölçümler ile marjinal boşluk ve toplam hacim değerleri için, Welch testi uygulanarak yapılan çoklu grup analizinde Frontal 7 ($p > 0.05$) haricinde tüm değerler için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Bu değerlerin gruplar arası ikilli analizleri Dunnett T3 testi uygulanarak yapılmıştır.

Ölçüm Bölgesi	Veri Grubu	Statistic	df	Sig.
Sagittal 1	ID*	0.888	10	0.160
	DD*	0.867	10	0.093
	K*	0.896	10	0.196
Sagittal 2	ID	0.855	10	0.067
	DD	0.897	10	0.202
	K	0.958	10	0.759
Sagittal 3	ID	0.819	10	0.025
	DD	0.885	10	0.150
	K	0.899	10	0.216
Sagittal 4	ID	0.922	10	0.377
	DD	0.959	10	0.777
	K	0.977	10	0.948
Sagittal 5	ID	0.951	10	0.675
	DD	0.970	10	0.887
	K	0.974	10	0.927
Frontal 6	ID	0.737	10	0.002
	DD	0.960	10	0.780
	K	0.852	10	0.062
Frontal 7	ID	0.951	10	0.681
	DD	0.845	10	0.050
	K	0.957	10	0.753
Frontal 8	ID	0.888	10	0.161
	DD	0.900	10	0.221
	K	0.952	10	0.692
Frontal 9	ID	0.846	10	0.052
	DD	0.888	10	0.159
	K	0.915	10	0.320
Frontal 10	ID	0.816	10	0.023
	DD	0.778	10	0.008
	K	0.929	10	0.435

Frontal 11	ID	0.714	10	0.001
	DD	0.863	10	0.084
	K	0.946	10	0.618
Frontal 12	ID	0.961	10	0.796
	DD	0.928	10	0.429
	K	0.931	10	0.460
Hacim (mm³)	ID	0.945	10	0.614
	DD	0.924	10	0.394
	K	0.915	10	0.315
Marjinal Aralık	ID	0.945	10	0.609
	DD	0.963	10	0.821
	K	0.887	10	0.156
İnternal Aralık	ID	0.909	10	0.277
	DD	0.895	10	0.195
	K	0.940	10	0.554

*ID=İndirekt Dijitalizasyon Grubu; DD=Direkt Dijitalizasyon Grubu; K=Kontrol Grubu

Tablo 2: Ölçüm verilerinin normal dağılım Shapiro-Wilk testi tablosu

Grup	Ölçüm bölgesi	Minimum	Maksimum	Ortalama μ	Standart Sapma
İndirekt Dijitalizasyon (Grup 1)	İnternal Aralık (mm)	0.278	0.397	0.34499	0.041661
	Marjinal Aralık (mm)	0.347	0.640	0.49048	0.101849
	Toplam Hacim (mm ³)	0.034	0.143	0.07692	0.033266
Direkt Dijitalizasyon (Grup 2)	İnternal Aralık (mm)	0.240	0.318	0.28365	0.029673

	Marjinal Aralık (mm)	0.230	0.419	0.33838	0.055880
	Toplam Hacim (mm ³)	0.027	0.086	0.04895	0.019140
Kontrol Grubu (Grup 3)	İnternal Aralık (mm)	0.184	0.259	0.21689	0.025797
	Marjinal Aralık (mm)	0.100	0.215	0.14351	0.039573
	Toplam Hacim (mm ³)	0.010	0.023	0.01559	0.005021

*ID=İndirekt Dijitalizasyon Grubu; DD=Direkt Dijitalizasyon Grubu; K=Kontrol Grubu

Tablo 3: Gruplara ait marjinal, internal ve toplam hacim ortalama ve standart sapma değerleri

Ölçüm Alınan Düzlem	Ölçüm Alınan Kesit	İncelenen numunenin ait olduğu grup	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Sagittal	1	ID	0.105	0.595	0.43357	0.150143
		DD	0.001	0.400	0.25584	0.121795
		K	0.054	0.226	0.11610	0.054239
	2	ID	0.001	0.183	0.10738	0.067094
		DD	0.001	0.097	0.05017	0.029691
		K	0.032	0.149	0.08483	0.031165
	3	ID	0.445	0.675	0.52604	0.089267
		DD	0.360	0.617	0.45220	0.070019
		K	0.267	0.357	0.32529	0.028240

Frontal	4	ID	0.140	0.582	0.38275	0.144062
		DD	0.270	0.404	0.32474	0.041131
		K	0.159	0.211	0.18649	0.015933
	5	ID	0.199	0.749	0.48110	0.178304
		DD	0.315	0.616	0.44231	0.092074
		K	0.054	0.283	0.15923	0.069623
	6	ID	0.310	0.752	0.62019	0.168642
		DD	0.294	0.538	0.39025	0.074155
		K	0.078	0.348	0.18823	0.104500
Frontal	7	ID	0.001	0.230	0.13067	0.074801
		DD	0.064	0.311	0.16138	0.092733
		K	0.083	0.159	0.11856	0.025647
	8	ID	0.308	0.560	0.41082	0.082958
		DD	0.162	0.370	0.25098	0.076840
		K	0.289	0.359	0.32987	0.023234
	9	ID	0.376	0.683	0.47878	0.099291
		DD	0.353	0.472	0.40433	0.045134
		K	0.247	0.350	0.30703	0.029212
	10	ID	0.002	0.701	0.50786	0.206010
		DD	0.283	0.549	0.46903	0.073834
		K	0.001	0.405	0.25481	0.114281
	11	ID	0.034	0.276	0.21561	0.087291
		DD	<0.001	0.283	0.15636	0.101871
		K	0.053	0.205	0.12820	0.050529
	12	ID	0.184	0.646	0.42708	0.143002
		DD	0.149	0.378	0.26511	0.081253
		K	0.078	0.128	0.11046	0.015895

*ID=İndirekt Dijitalizasyon Grubu; DD=Direkt Dijitalizasyon Grubu; K=Kontrol Grubu

Tablo 4: Gruplara ait her bir kesitteki ölçümlerin ortalama ve standart sapma değerleri

Ölçüm Bölgesi	df1	df2	Sig.
Sagittal 1	2	19.894	0.093
Sagittal 2	2	15.424	0.002
Sagittal 3	2	19.168	0.023
Sagittal 4	2	10.633	<0.001
Sagittal 5	2	16.193	0.003
Frontal 6	2	14.721	0.024
Frontal 7	2	15.744	<0.001
Frontal 8	2	15.274	0.018
Frontal 9	2	11.052	0.002
Frontal 10	2	16.376	0.121
Frontal 11	2	20.468	0.052
Frontal 12	2	13.376	<0.001
Toplam Hacim	2	14.950	0.005
Marjinal Aralık	2	19.395	0.017
İnternal Aralık	2	21.086	0.057

Tablo 5: Tüm ölçümlere ait Levene testi veri dağılım homojenite analizi sonuç tablosu

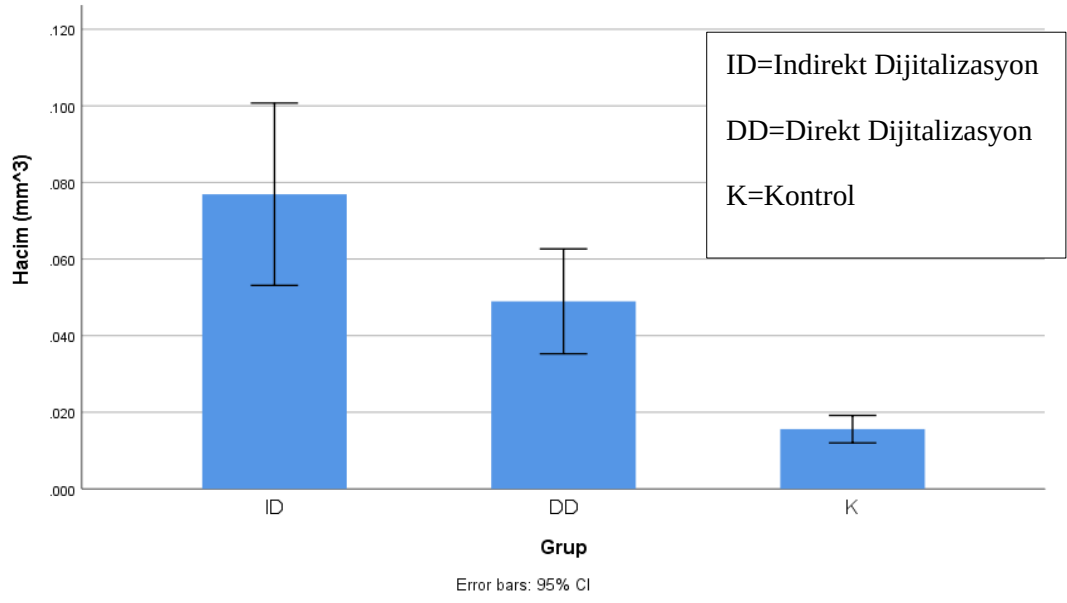
Her üç grupta yer alan her bir örneğe ait tüm kesitlerin ve toplam hacimlerin ölçüm değerleri Tablo 4’te belirtilmiştir

Gruplar genelinde veriler farklı yaklaşımların üretim aşamasındaki başarısı ve hassasiyeti açısından değerlendirilirken, aralık değerlerinin düşük olması daha başarılı uyum olarak yorumlanırken, artan aralık ölçümleri uyumda azalma dolayısıyla da üretim aşamasındaki başarı ve hassasiyette düşüş olarak yorumlanmıştır.

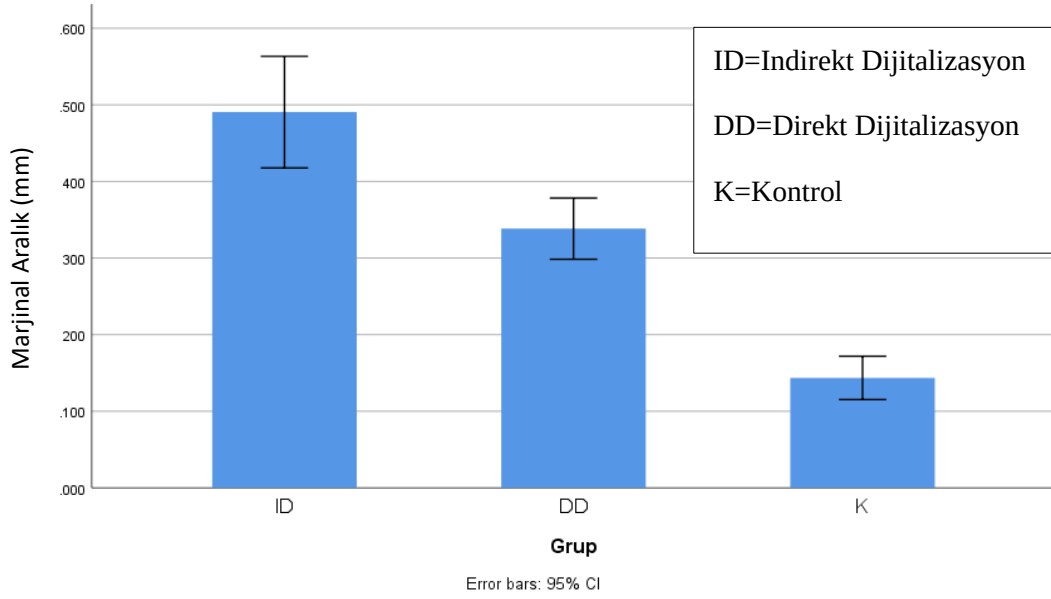
		Sagittal ölçüm noktalarının kalınlıkları (mm)					Frontal ölçüm noktalarının kalınlıkları (mm)							
	Numune No	1. kesit	2. kesit	3. kesit	4. kesit	5. kesit	6. kesit	7. kesit	8. kesit	9. kesit	10. kesit	11. kesit	12. kesit	Hacim (mm ³)
İD (İndirekt Dijitalizasyon Grubu) (Grup 1) (N:10)	1	0.266456	0.148041	0.4454	0.2921	0.199274	0.516864	0.155764	0.340325	0.376198	0.507866	0.2574	0.406095	0.043647
	2	0.480425	0.001	0.447273	0.1633	0.309205	0.342318	0.22008	0.560076	0.460663	0.427332	0.0809	0.59887	0.143204
	3	0.437198	0.0012	0.609204	0.3952	0.610133	0.751933	0.070624	0.410194	0.542186	0.701061	0.1946	0.402433	0.075734
	4	0.573771	0.182581	0.504766	0.4942	0.498162	0.694422	0.142199	0.340025	0.410605	0.651406	0.273	0.325068	0.102275
	5	0.4591	0.150877	0.506463	0.4862	0.567457	0.699429	0.148743	0.425602	0.422497	0.65174	0.2761	0.332563	0.110728
	6	0.383092	0.072586	0.470733	0.3831	0.302294	0.309764	0.229954	0.364725	0.408234	0.518455	0.0339	0.49371	0.05693
	7	0.594626	0.132449	0.445829	0.1398	0.362354	0.694426	0.001	0.410641	0.438867	0.40158	0.253	0.335152	0.067017
	8	0.104625	0.067564	0.493589	0.5816	0.564811	0.740036	0.081543	0.540174	0.439431	0.540025	0.2643	0.184111	0.339971
	9	0.491434	0.161862	0.674936	0.4628	0.648423	0.735091	0.193851	0.408555	0.682956	0.0021	0.2492	0.645767	0.076965
	10	0.544941	0.15565	0.662213	0.4292	0.748837	0.717587	0.062914	0.307875	0.6062	0.676993	0.2737	0.547069	0.058715
DD (Direkt Dijitalizasyon Grubu) (Grup 2) (N:10)	1	0.242176	0.051104	0.398437	0.284112	0.434193	0.404079	0.113259	0.194506	0.384685	0.283162	0.2082	0.149344	0.026839
	2	0.097755	0.064748	0.445118	0.3307	0.386273	0.308314	0.3109	0.370399	0.447737	0.475581	0.102184	0.378224	0.034738
	3	0.319819	0.046049	0.487662	0.3731	0.466976	0.294194	0.272626	0.323575	0.448195	0.473849	0.00101	0.332461	0.043263
	4	0.309909	0.00103	0.453745	0.3489	0.315015	0.33102	0.22394	0.310971	0.43817	0.459923	0.0809	0.352184	0.086437
	5	0.217379	0.053105	0.360362	0.3027	0.53399	0.404583	0.090175	0.173	0.373513	0.511166	0.2159	0.269229	0.03692
	6	0.324867	0.0013	0.399007	0.2954	0.355455	0.42993	0.079628	0.165779	0.352922	0.463252	0.2343	0.181405	0.071876
	7	0.001	0.061628	0.431891	0.2702	0.359801	0.381914	0.112135	0.162251	0.355979	0.45325	0.2127	0.177311	0.030434
	8	0.337809	0.051448	0.444137	0.3203	0.455732	0.458344	0.094032	0.225821	0.414958	0.548745	0.2257	0.205774	0.057393
	9	0.399617	0.096603	0.616883	0.4037	0.615507	0.351914	0.252626	0.320475	0.355322	0.475445	0.00012	0.307311	0.057019
	10	0.308116	0.074724	0.484778	0.3183	0.500161	0.53822	0.064459	0.262994	0.471778	0.545927	0.2826	0.297823	0.044583

K (Kontrol Grubu) (Grup 3)	1	0.121028	0.107276	0.356283	0.1887	0.282844	0.348204	0.104567	0.336104	0.347525	0.37365	0.2046	0.106478	0.023183
	2	0.059985	0.083866	0.318759	0.1586	0.201863	0.19041	0.129111	0.30348	0.307463	0.29927	0.1409	0.078287	0.01207
	3	0.099123	0.087962	0.320197	0.2029	0.155777	0.094132	0.09319	0.318063	0.298399	0.001	0.1529	0.117528	0.022546
	4	0.100563	0.068569	0.266612	0.1677	0.092439	0.077983	0.137397	0.316785	0.247313	0.192343	0.0825	0.128238	0.0398
	5	0.185728	0.089379	0.351371	0.2112	0.204154	0.099188	0.114774	0.288811	0.307772	0.332265	0.151206	0.094024	0.011193
	6	0.072097	0.149304	0.357221	0.1876	0.223801	0.294844	0.082541	0.349274	0.349744	0.405251	0.1899	0.11665	0.013953
	7	0.054486	0.095528	0.342723	0.1832	0.156973	0.169384	0.158566	0.358575	0.320454	0.244014	0.0935	0.108785	0.009998
	8	0.121383	0.078077	0.320161	0.1992	0.105624	0.127703	0.095825	0.326731	0.301101	0.275223	0.1396	0.127832	0.009775
	9	0.120317	0.031543	0.299914	0.177	0.05445	0.133079	0.152935	0.356367	0.288851	0.226421	0.0741	0.124032	0.017468
	10	0.226316	0.056804	0.319685	0.1888	0.114393	0.34736	0.11669	0.344509	0.301666	0.198699	0.0528	0.102731	0.015875

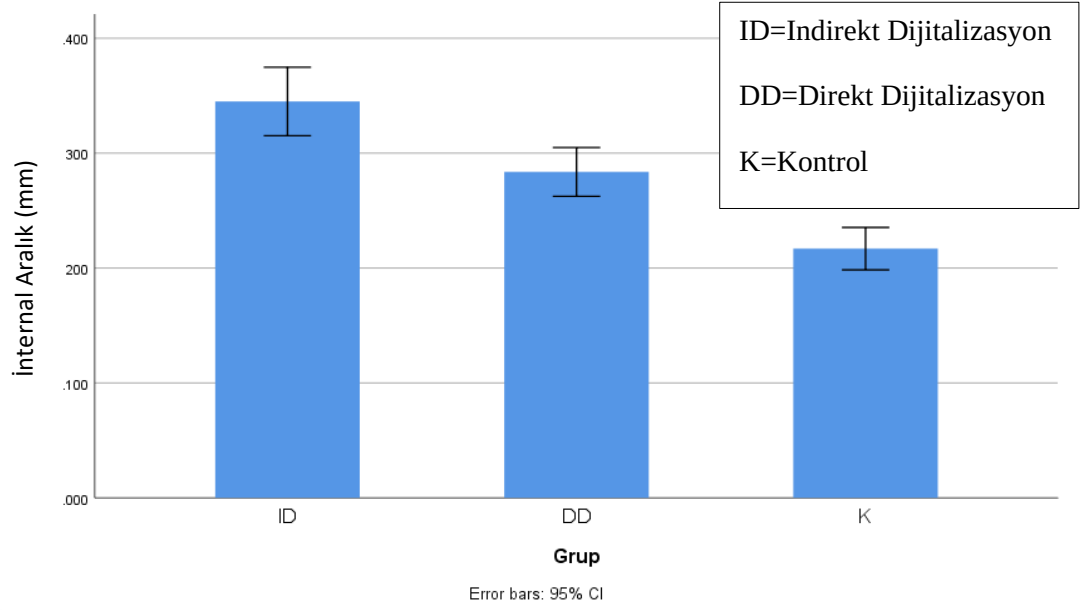
Tablo 6: Tüm gruplardaki her bir örneğin her bir kesitine ve toplam hacmine ait ölçüm değerleri



Grafik 1: Toplam siman aralığı hacmi box plot grafiği

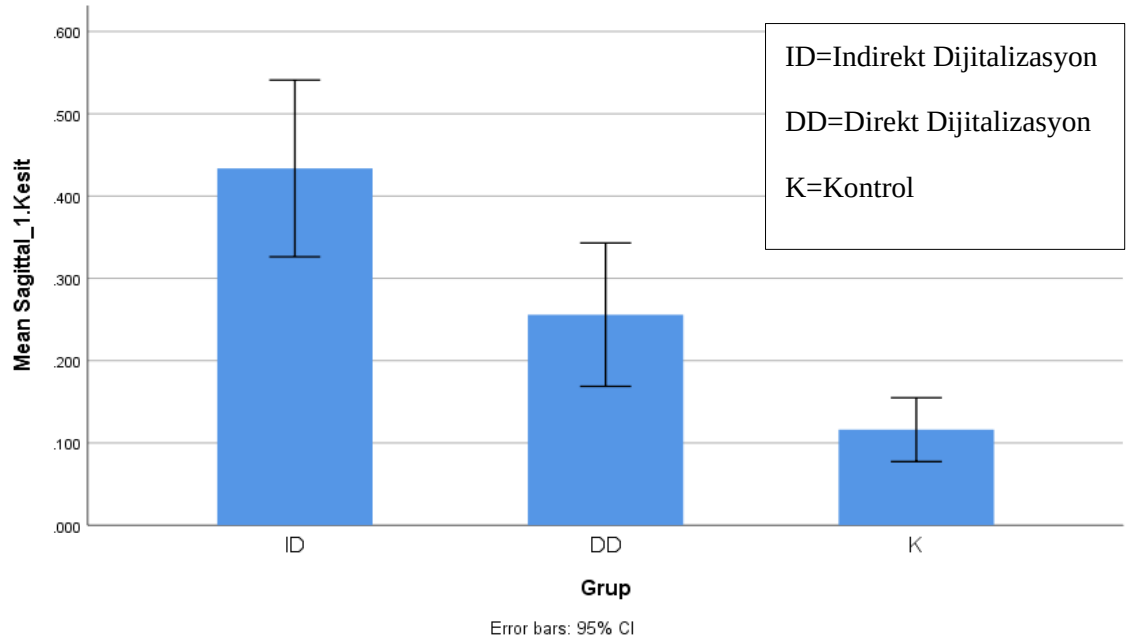


Grafik 2: Marjinal aralık bölgesi box plot grafiği



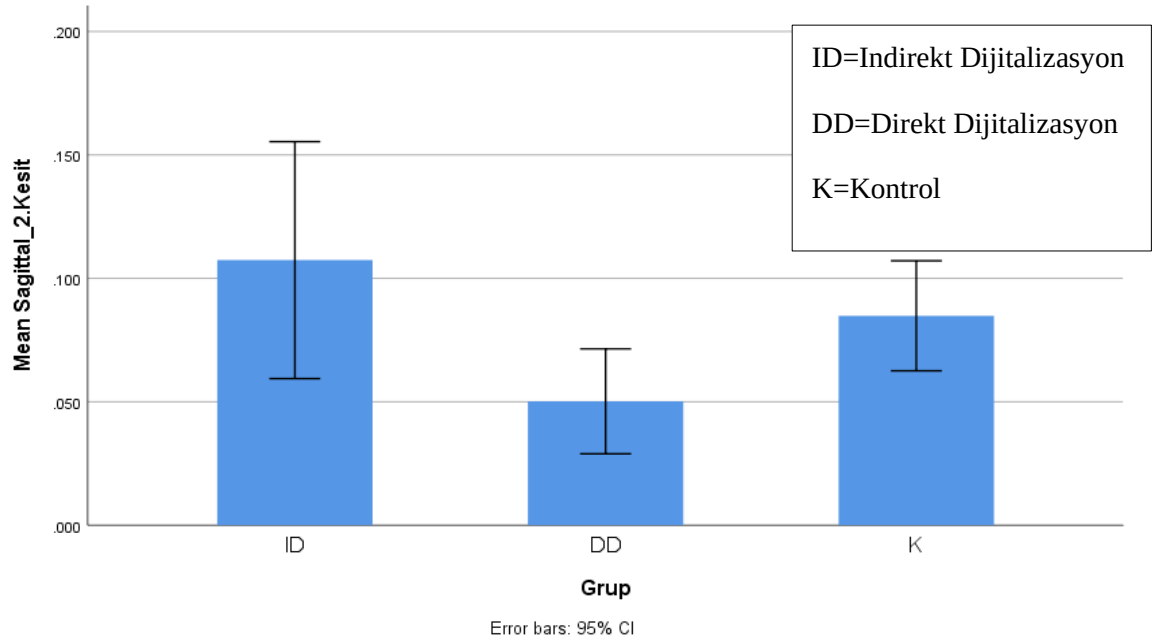
Grafik 3: İnternal aralık bölgesi box plot grafiği

Kontrol grubu örnekleri marjinal ve internal uyum (marjinal uyum box plot grafiği, grafik 2; internal uyum box plot grafiği, grafik 3) kıyaslandığında her iki gruba kıyasla anlamlı düzeyde başarılı sonuçlar sergilemektedir. İndirekt dijitalizasyon ve direkt dijitalizasyon grupları kıyaslandığında ise marjinal ve internal uyum açısından direkt dijitalizasyon grubu istatistiksel olarak anlamlı bir farkla daha başarılı sonuçlar sergilemektedir. Hem marjinal hem internal aralık hem de toplam hacim verileri değerlendirildiğinde tüm gruplar arasında en başarısız sonucu sergileyen grup indirekt dijitalizasyon grubu olmuştur. İndirekt dijitalizasyon grubunu sırasıyla direkt dijitalizasyon grubu ve kontrol grubu takip etmektedir. Marjinal ve internal aralık verileri için istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmiş olsa da toplam hacim verileri (hacim box plot grafiği, grafik 1) karşılaştırıldığında aynı şekilde en büyük hacim değeri indirekt dijitalizasyon grubunda ölçülmüş ve sırasıyla bunu, direkt dijitalizasyon grubu ve kontrol grubunun verilerinin takip ettiği görülmüştür; ancak bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlenmiştir.



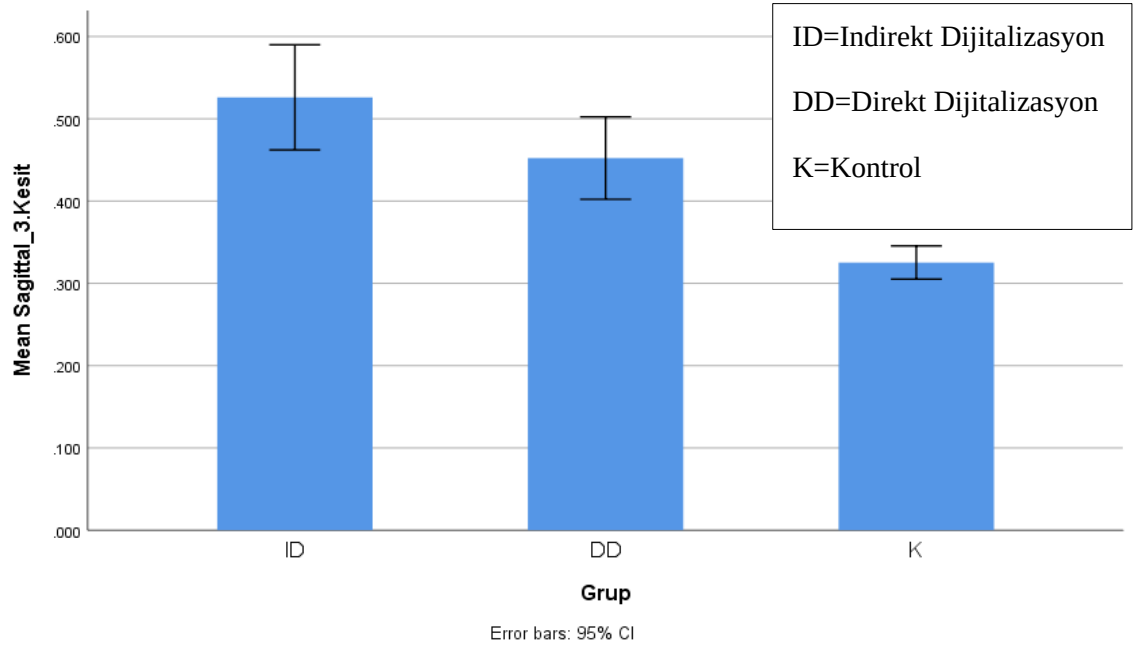
Grafik 4: Sagittal 1. Kesit bölgesi box plot grafiği

Vestibüler marjinal bölge kesidi ölçümlerine ait box plot grafiği (Sagittal 1.kesit; grafik 4) incelendiğinde en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubu örneklerinde kaydedilirken, sırasıyla direkt dijitalizasyon ve kontrol grubu örnekleri için bu ölçümlerin ortalaması azalarak devam etmiştir. Standart sapma değerleri incelendiğinde ise indirekt dijitalizasyon ve direkt dijitalizasyon grupları benzer bir aralık sergilerken, kontrol grubu verilerinin daha düşük bir standart sapma gözlemlenmiştir. Kontrol grubunda tercih edilen polivinilsiloksan ölçü ve ısı ile basınç yöntemleri ile direkt dijitalizasyon ardından milledme ve indirekt dijitalizasyon ardından milledme yaklaşımlarına kıyasla daha istikrarlı sonuçlar kaydedildiği görülmüştür. Bu keside ait ölçüm verilerinin gruplar arası ikili karşılaştırılmasında bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. (Tukey HSD; $p < 0.05$)



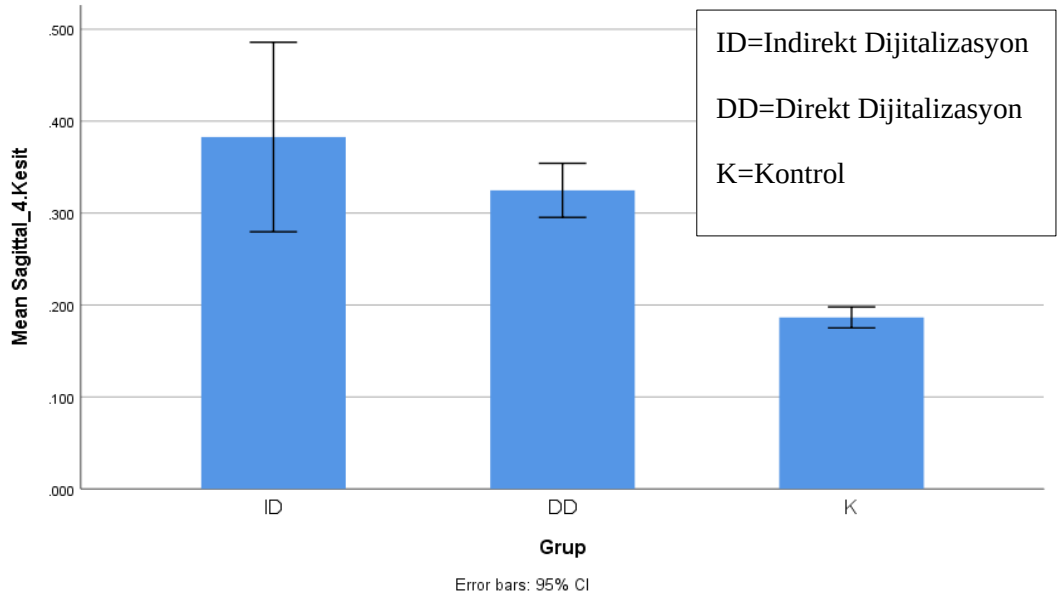
Grafik 5: Sagittal 2. Kesit bölgesi box plot grafiği

Vestibüler aksiyal kesit ölçümlerine ait box plot grafiği (Sagittal 2.kesit; grafik 5) incelendiğinde en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubu örneklerinde, en düşük aralık ölçümlerin ise direkt dijitalizasyon örneklerinde kaydedilmiş olup ölçümler genelinin yansıttığının aksine kontrol grubu en düşük aralık ölçümü sergilememiştir. Gruplar arasında farklılıklar kaydedilmiş olmasına rağmen bu kesite ait ölçüm verilerinin gruplar arası ikili karşılaştırılmasında bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (Dunnett T3; $p>0.05$) görülmüştür.



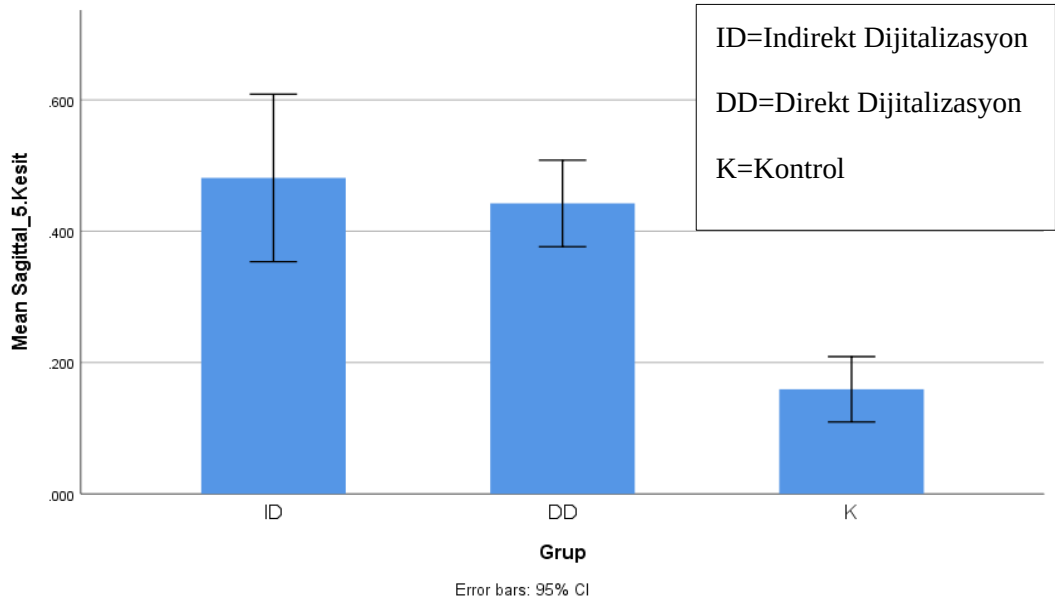
Grafik 6: Sagittal 3. Kesit bölgesi box plot grafiği

Sagittal Düzlem insizal kenar orta nokta kesiti aralık ölçümleri box plot grafiği (Sagittal 3.kesit; grafik 6) incelendiğinde en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubu örneklerinde kaydedilirken, bunu azalarak sırasıyla direkt dijitalizasyon ve kontrol grubu verileri takip etmiştir. Standart sapma değerleri incelendiğinde indirekt dijitalizasyon ve direkt dijitalizasyon grupları benzer bir aralık sergilerken, kontrol grubuna ait standart sapma değeri daha düşük kaydedilmiştir. Bu keside ait ölçüm verilerinin indirekt dijitalizasyon ve direkt dijitalizasyon grupları arası ikili karşılaştırılmasında bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (Dunnett T3; $p>0.05$) tespit edilirken, kontrol grubu örnekleri ile diğer iki grubun arasındaki farkları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Dunnett T3; $p<0.05$).



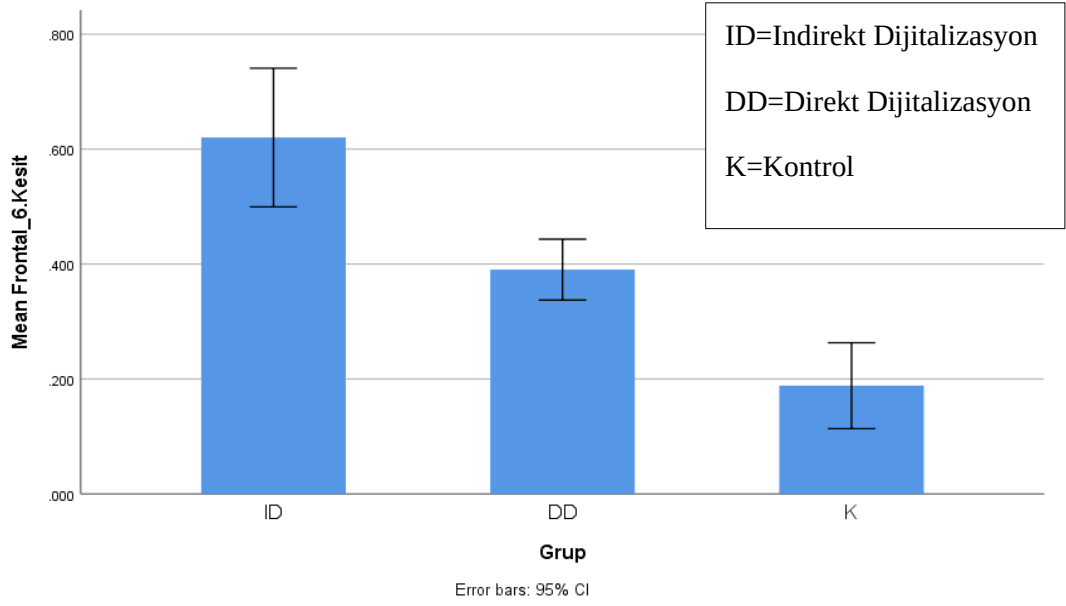
Grafik 7: Sagittal 4. Kesit bölgesi box plot grafiği

Palatinal aksiyal kesit ölçümlerine ait box plot grafiği (Sagittal 4.kesit; grafik 7) incelendiğinde, en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubu örneklerinde kaydedilirken, bunu sırasıyla direkt dijitalizasyon ve kontrol grubu örnekleri azalarak takip etmiştir. Bu keside ait ölçüm verilerinin indirekt dijitalizasyon ve direkt dijitalizasyon gruplar arası ikili karşılaştırılmasında bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (Dunnett T3; $p>0.05$) tespit edilirken, kontrol grubu örnekleri ile diğer iki grubun arasındaki farkları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Dunnett T3; $p<0.05$).



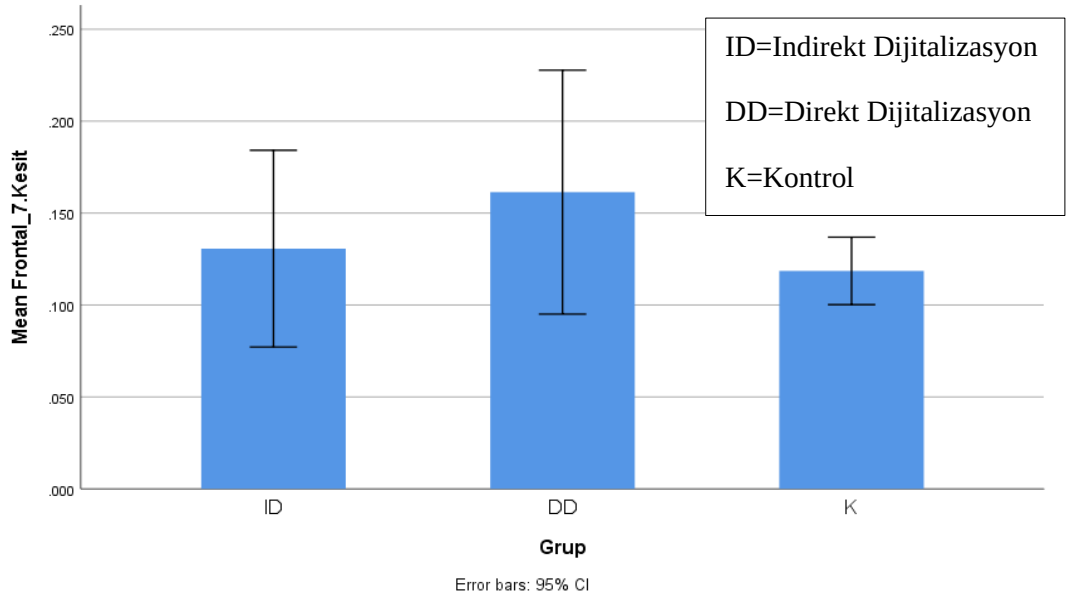
Grafik 8: Sagittal 5. Kesit bölgesi box plot grafiği

Palatinal marjinal bölge kesidi ölçümlerine ait box plot grafiği (Sagittal 5.kesit; grafik 8) incelendiğinde en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubu örneklerinde ve sırasıyla direkt dijitalizasyon ve kontrol grubu örnekleri için bu ölçümlerin ortalamasının azalarak devam ettiği görülmektedir. Bu keside ait ölçüm verilerinin indirekt dijitalizasyon ve direkt dijitalizasyon gruplar arası ikili karşılaştırılmasında bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (Dunnett T3; $p>0.05$) tespit edilirken, kontrol grubu örnekleri ile diğer iki grubun arasındaki farkları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Dunnett T3; $p<0.05$).



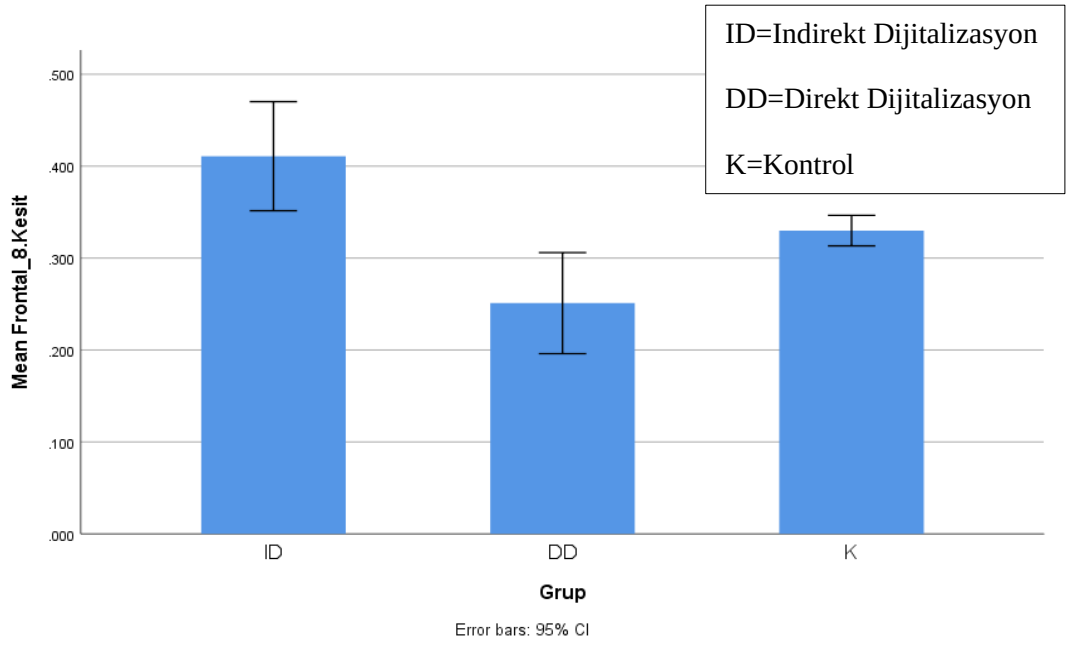
Grafik 9: Frontal 6. Kesit bölgesi box plot grafiği

Mezyal marjinal bölge kesidi ölçümlerine ait box plot grafiği (Frontal 6.kesit; grafik 9) incelendiğinde en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubu örnekleri, ardından ise sırasıyla azalarak direkt dijitalizasyon grubu ve kontrol grubu örneklerinde kaydedilmiştir. Bu keside ait ölçüm verilerinin gruplar arası ikili karşılaştırılmasında bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. (Dunnett T3; $p < 0.05$)



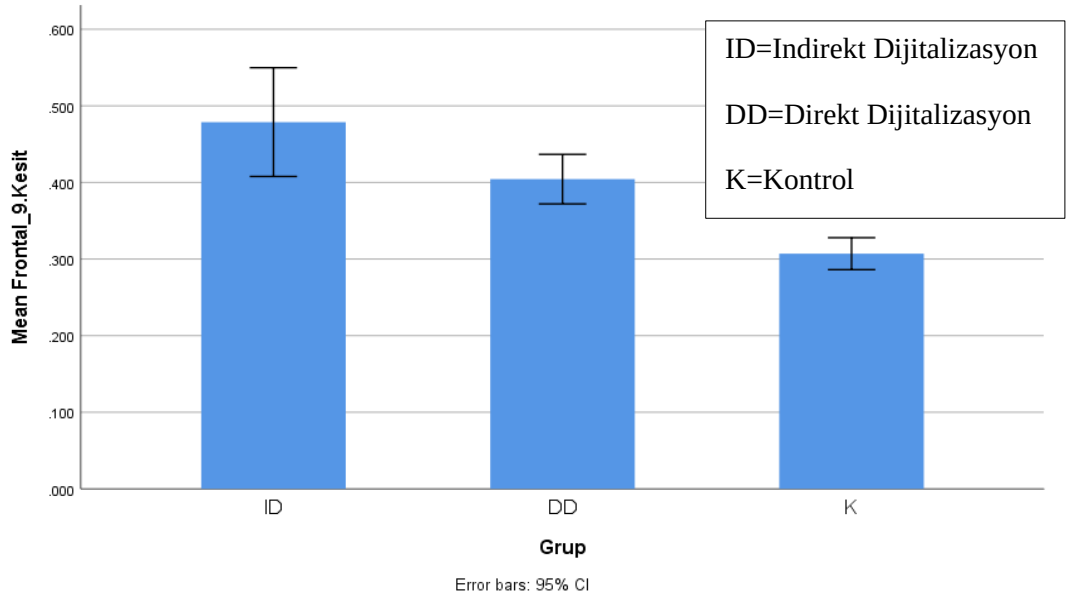
Grafik 10: Frontal 7. Kesit bölgesi box plot grafiği

Mezyal aksiyal kesit ölçümlerine ait box plot grafiği (Frontal 7.kesit; grafik 10) incelendiğinde tüm ölçümlerin aksine, bu kesite ait ölçümlerde en büyük değerler direkt dijitalizasyon grubunda kaydedilirken bu ölçümleri sırasıyla azalarak, indirekt dijitalizasyon grubu ve kontrol grubu takip etmektedir. Bu kesite ait ölçümlerdeki farklar gruplar genelinde yapılan istatistiksel analizde anlamlı bulunmadığından (Welch testi; $p>0.05$), bu ölçümler gruplar arası ikili karşılaştırma analizlerine dahil edilmemiştir.



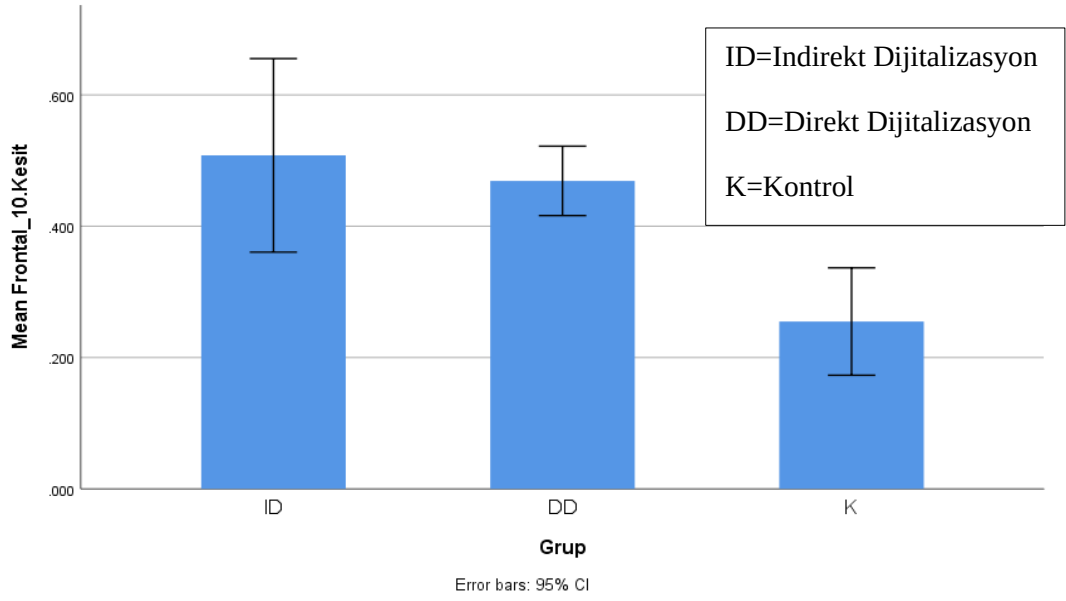
Grafik 11: Frontal 8. Kesit bölgesi box plot grafiği

Mezyo insizal köşe kesidi ölçümlerine ait box plot grafiği (Frontal 8.kesit; grafik 11) incelendiğinde en büyük ölçüm değerleri indirekt dijitalizasyon grubu örneklerinde kaydedilirken, gruplara ait diğer kesit ölçümleri, marjinal, internal aralık ölçümleri ve toplam hacim ölçümleri aksine en düşük değer direkt dijitalizasyon grubu örneklerinde kaydedilmiştir. Vestibüler aksiyal kesit ölçüm değerleri aksine bu keside ait ölçüm verilerinin gruplar arası ikili karşılaştırılmasında bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. (Dunnett T3; $p<0.05$)



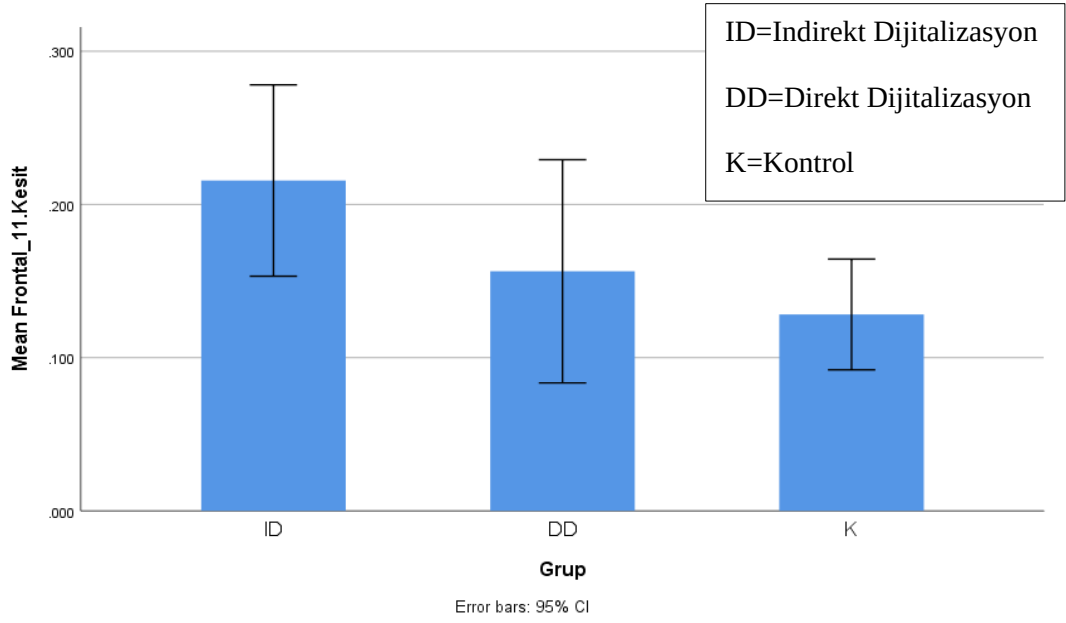
Grafik 12: Frontal 9. Kesit bölgesi box plot grafiği

Frontal düzlem insizal kenar orta kesidi ölçümlerine ait box plot grafiği (Frontal 9.kesit; grafik 12) incelendiğinde en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubu örneklerinde ve bunu sırasıyla direkt dijitalizasyon ve kontrol grubu örnekleri azalarak takip etmiştir. Bu keside ait ölçüm verilerinin indirekt dijitalizasyon ve direkt dijitalizasyon grupları arasında ikili karşılaştırmada bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (Dunnett T3; $p>0.05$) tespit edilirken, kontrol grubu örnekleri ile diğer iki grubun arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Dunnett T3; $p<0.05$).



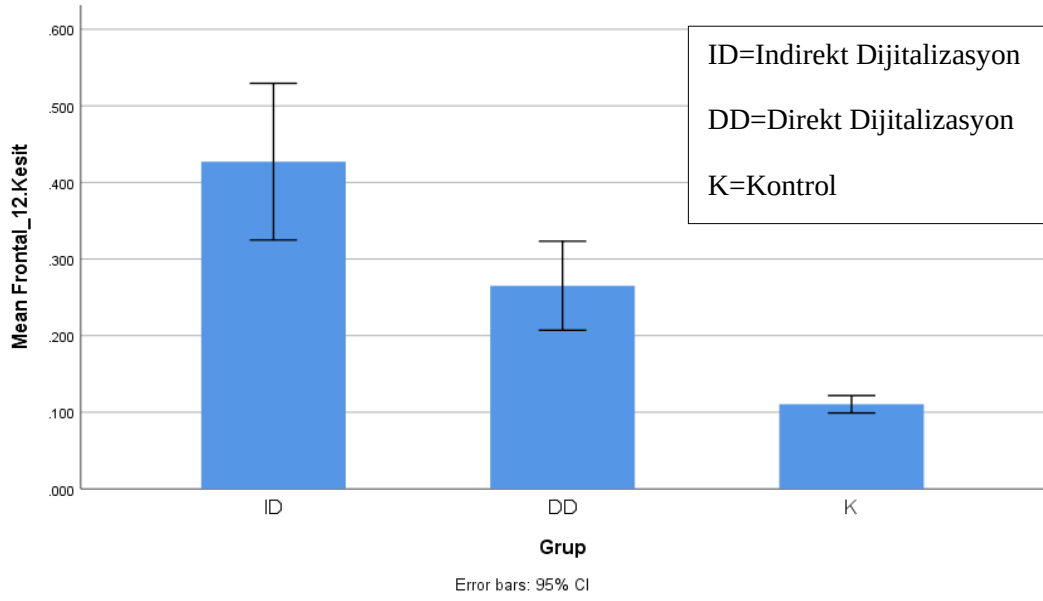
Grafik 13: Frontal 10. Kesit bölgesi box plot grafiği

Disto insizal köşe kesidi ölçümlerine ait box plot grafiği (Frontal 10.kesit; grafik 13) incelendiğinde en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubu örneklerinde görülürken, bu değerleri sırasıyla direkt dijitalizasyon grubu ve kontrol grubu verileri azalarak takip etmiştir. Bu keside ait ölçüm verilerinin indirekt dijitalizasyon ve direkt dijitalizasyon gruplar arası ikili karşılaştırılmasında bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (Tukey HSD; $p>0.05$) tespit edilirken, kontrol grubu örnekleri ile diğer iki grubun arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tukey HSD; $p<0.05$).



Grafik 14: Frontal 11. Kesit bölgesi box plot grafiği

Distal aksiyal kesit ölçümlerine ait box plot grafiği (Frontal 11.kesit; grafik 14) incelendiğinde en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubunda kaydedilmiş ve sırasıyla azalarak direkt dijitalizasyon grubu ve kontrol grubu örneklerine ait ölçümler bu verileir takip etmiştir. Gruplar arasında farklılıklar kaydedilmiş olmasına rağmen bu keside ait ölçüm verilerinin gruplar arası ikili karşılaştırılmasında bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı (Tukey HSD; $p>0.05$) gözlemlenmiştir.



Grafik 15: Frontal 12. Kesit bölgesi box plot grafiği

Distal marjinal bölge kesidi ölçümlerine ait box plot grafiği (Frontal 12.kesit, grafik 15) incelendiğinde en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubu örnekleri, ardından ise sırasıyla direkt dijitalizasyon grubu ve kontrol grubu örneklerinde kaydedilmiştir. Bu keside ait ölçüm verilerinin gruplar arası ikili karşılaştırılmasında bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. (Dunnett T3; $p < 0.05$)

Ölçüm Bölgesi	Kareler Toplamı	df	Ortalamanı Karesi	F	Sig.
İnternal Aralık	0.082	2	0.041	37.528	<0.001

Tablo 7: İnternal aralık değerlerinin varyans analizleri sonuç tablosu

Ölçüm Bölgesi	df1	df2	Sig.
Marjinal Aralık	2	16.364	<0.001
Hacim	2	13.018	<0.001

Tablo 8: Marjinal aralık ve toplam hacim değerlerinin varyans analizleri sonuç tablosu

Ölçüm Yapılan Düzlem	Kesit No.	df1	df2	Sig.
Sagittal	2	2	16.891	0.023
	3	2	14.545	<0.001
	4	2	13.659	<0.001
	5	2	16.505	<0.001
Frontal	6	2	16.571	<0.001
	7	2	13.993	0.390
	8	2	13.783	0.002
	9	2	15.769	<0.001
	12	2	12.582	<0.001

Tablo 9: Homojen veri dağılımı sergilemeyen kesitlere ait ölçüm değerlerinin varyans analizleri sonuç tablosu.

Shapiro-Wilk testine göre tüm grup ölçümlerinin veri dağılımlarının normal dağılıma uygun olduğu tespit edilmiş olduğundan; kesitlere, marjinal aralığa, internal aralığa ve toplam hacime ait bu ölçümler içerisinde Levene testi ile ($p < 0.05$) homojen dağılım göstermediği tespit edilen ölçüm verilerinin çoklu varyans analizleri için parametrik bir analiz yöntemi olan Brown-Forsythe ve Welch T-testleri birlikte uygulanmış; varyans analizi sonuçları yorumlanırken Welch testi verileri referans alınmıştır.(Tablo 8, 9)

Ölçüm Yapılan Düzlem	Kesit No.	Kareler toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	Sig.
Sagittal	1	0.506	2	0.253	18.837	<0.001
Frontal	10	0.371	2	0.186	9.141	0.001
	11	0.040	2	0.020	2.906	0.072

Tablo 10: Homojen veri dağılımı sergileyen kesitlere ait ölçüm değerlerinin varyans analizleri sonuç tablosu

Ölçüm Bölgesi	(I) Grup	(J) Grup	Ortalama Fark (I-J)	Std. Hata	Sig.
Marjinal Aralık (mm)	ID	DD	0.152105	0.036737	0.003
		K	0.346978	0.034553	<0.001
	DD	ID	-0.152105	0.036737	0.003
		K	0.194873	0.021653	<0.001
	K	ID	-0.346978	0.034553	<0.001
		DD	-0.194873	0.021653	<0.001

Internal Aralık (mm)	ID	DD	0.061340	0.014791	0.001
		K	0.128103	0.014791	<0.001
	DD	ID	-0.061340	0.014791	0.001
		K	0.066763	0.014791	<0.001
	K	ID	-0.128103	0.014791	<0.001
		DD	-0.066763	0.014791	<0.001
Toplam Hacim (mm ³)	ID	DD	0,027971	0.012136	0.102
		K	0.061335	0.010639	0.001
	DD	ID	-0.027971	0.012136	0.102
		K	0.033364	0.006257	0.001
	K	ID	-0.061335	0.010639	0.001
		DD	-0.033364	0.006257	0.001

*ID=İndirekt Dijitalizasyon Grubu; DD=Direkt Dijitalizasyon Grubu; K=Kontrol Grubu

Tablo 11: Gruplara ait marjinal, internal aralık ve toplam hacim değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırma sonuçları.

Shapiro-Wilk testine göre tüm grup ölçümlerinin veri dağılımlarının normal dağılıma uygun olduğu tespit edilmiş olduğundan; yapılan çoklu varyans analizi sonucunda homojen veri dağılımı göstermeyen toplam hacim ve marjinal aralık ölçümleri için (Levene Testi; $p < 0.05$) Welch testi sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunan ölçümlerin gruplar arası ikili karşılaştırma analizleri için parametrik bir yöntem olan Dunnett T3 post-hoc testi uygulanmıştır. Homojen veri

dağılımı gösteren (Levene Testi; $p>0.05$) internal aralık ölçümleri için ise F testi sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunan kesit ölçümlerinin gruplar arası ikili karşılaştırma analizleri için ise parametrik bir yöntem olan Tukey HSD post-hoc testi uygulanmıştır.

Kesit Düzlemi	Kesit No	Karşılaştırılan Gruplar	Sig.
Sagittal	1	ID-DD	0.005
		ID-K	<0.001
		DD-K	0.031
	2	ID-DD	0.081
		ID-K	0.712
		DD-K	0.058
	3	ID-DD	0.151
		ID-K	<0.001
		DD-K	0.001
	4	ID-DD	0.551
		ID-K	0.006
		DD-K	<0.001
	5	ID-DD	0.902
		ID-K	0.001
		DD-K	<0.001
Frontal	6	ID-DD	0.005
		ID-K	<0.001
		DD-K	<0.001

	7	ID-DD	0.800
		ID-K	0.947
		DD-K	0.443
	8	ID-DD	0.001
		ID-K	0.038
		DD-K	0.029
	9	ID-DD	0.138
		ID-K	0.001
		DD-K	<0.001
	10	ID-DD	0.816
		ID-K	0.001
		DD-K	0.006
	11	ID-DD	0.263
		ID-K	0.064
		DD-K	0.730
	12	ID-DD	0.022
		ID-K	<0.001
		DD-K	<0.001

*ID=İndirekt Dijitalizasyon Grubu; DD=Direkt Dijitalizasyon Grubu; K=Kontrol Grubu

Tablo 12: Kesit ölçümlerine ait verilerin gruplar arası ikili istatistiksel analiz sonuç tablosu

Shapiro-Wilk testine göre tüm grup ölçümlerinin veri dağılımlarının normal dağılıma uygun olduğu tespit edilmiş olduğundan; yapılan çoklu varyans analizi sonucunda homojen veri dağılımı göstermeyen kesit ölçümleri için (Levene Testi; $p < 0.05$) Welch testi sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunan ölçümlerin gruplar arası ikili karşılaştırma analizleri için parametrik bir yöntem olan Dunnett T3 post-hoc testi uygulanmıştır. Homojen veri dağılımı gösteren (Levene Testi; $p > 0.05$) kesit ölçümleri için ise F testi sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı

farklar bulunan kesit ölçümlerinin gruplar arası ikili karşılaştırma analizleri için ise parametrik bir yöntem olan Tukey HSD post-hoc testi uygulanmıştır.

Elde edilen verilerin çoklu varyans analizleri sonucunda anlamlı bir fark görülmeyen Frontal 7. kesit ikili karşılaştırma analizine dahil edilmemiştir (Welch Testi, $p>0.05$). Kesitlere özgü gruplar arası karşılaştırmalar incelendiğinde; Sagittal 1 (Tukey HSD post-hoc Testi, $p<0.005$), Frontal 6, Frontal 8 ve Frontal 12 (Dunnett T3 post-hoc Testi, $p<0.005$) kesitlerinde kontrol grubunda her iki gruba kıyasla anlamlı şekilde daha düşük bir aralık ölçülürken, direkt dijitalizasyon grubu ile indirekt dijitalizasyon grupları karşılaştırıldığında direkt dijitalizasyon grubu anlamlı olarak daha düşük bir ölçüm ortalaması sergilemiştir. Bu kesitlerden, Frontal 8 kesidine ait ölçümlere bakıldığında diğer tüm ölçümlerden farklı olarak direkt dijitalizasyon grubu ile kontrol grubunun gruplar arası ikili analizinde direkt dijitalizasyon grubunda anlamlı bir fark ile daha düşük bir aralık ölçümü gözlemlenmiştir. Sagittal 2 (Tukey HSD post-hoc Testi, $p>0.05$) ve Frontal 11 (Dunnett T3 post-hoc Testi, $p>0.05$) kesitlerinde gruplar arasındaki ikili analizlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Sagittal 3, Sagittal 4, Sagittal 5, Frontal 6 (Dunnett T3 post-hoc Testi) ve Frontal 10 (Tukey HSD post-hoc Testi) kesitleri verilerinin gruplar arası ikili karşılaştırmaları sonucunda ise; deney grupları arasında (direkt dijitalizasyon ve indirekt dijitalizasyon) istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0.05$), kontrol grubu ve deney grupları arasında yapılan ikili karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuş ($p<0.05$) ve bu farkın kontrol grubu lehine olduğu gözlemlenmiştir.

Her bir grup için genel olarak marjinal aralığın ve internal aralığın değerlendirilmesi için, Sagittal 1, Sagittal 5, Frontal 6 ve Frontal 12 kesitlerinin genel ortalaması marjinal aralık ölçümü; Sagittal 2, Sagittal 3, Sagittal 4, Frontal 7, Frontal 8, Frontal 9, Frontal 10 ve Frontal 11 kesitlerinin genel ölçüm ortalaması ise internal aralık ölçümü olarak kaydedilmiştir. Marjinal aralık, internal aralık ve hacim ölçümleri değerleri için F-testi uygulandığında ($p<0.05$) çoklu varyans analizinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenmiş ve ikili grup karşılaştırma analizlerine geçilmiştir. Hem Marjinal aralık ölçümleri (Dunnett T3 post-hoc Testi) hem de internal aralık ölçümleri (Tukey HSD post-hoc Testi) incelendiğinde kontrol grubu örnekleri her iki deney grubuna kıyasla anlamlı düzeyde ($p<0.05$) daha düşük bir ölçüm değeri sergilerken, deney grupları (direkt dijitalizasyon ve indirekt dijitalizasyon) ölçümleri kıyaslandığında direkt dijitalizasyon grubu değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı

düzeyde ($p<0.05$) daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Toplam hacim ölçümlerinin gruplar arası ikili analizinde (Dunnett T3 post-hoc Testi) kontrol grubu her iki gruba göre de istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bir farkla daha düşük bir siman aralığı ölçümü sergilerken, marjinal aralık ve internal aralık ölçümlerinin aksine hacim değerleri kıyaslandığında deney grupları (direkt dijitalizasyon ve indirekt dijitalizasyon) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$).



5-TARTIŞMA

Günümüzde, bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve üretim (CAM) alanındaki tarama, tasarım, üretim teknikleri ve kullanılan restoratif materyallerdeki gelişmeler, protetik restorasyonların dijital yaklaşım ile üretiminde farklı stratejilerin geliştirilmesi sonucunu doğurmuştur. Hekim tarafından hasta ağzında başlatılan tedavinin laboratuvara aktarılması ve laboratuvarında bu verilerin işlenmesi noktasında izlenen farklı yaklaşımlar, restorasyonların marjinal ve internal uyumunu etkiler niteliktedir.

Marjinal ve internal uyumun değerlendirildiği çalışmalar pek çok farklı teknik kullanılarak icra edilmiştir. İn vivo veya in vitro ölçümün, değerlendirilen restoratif materyallerin, restorasyonların altyapılı veya monolitik tasarıma sahip olmasının, preparasyonlarda uygulanan marjin çizgisinin şeklinin, örnek sayısı ve örnek başına düşen ölçüm sayısının; marjinal ve internal uyumun değerlendirilmesi noktasında elde edilecek sonuçları etkilediği görülmüştür. Farklı koşullar altında gerçekleştirilen tüm bu çalışmalarda, marjinal ve internal uyum sonuçlarının farklılık göstermesi bu şekilde açıklanabilmektedir.(Nawafleh ve diğerleri, 2013b)

Bu in-vitro çalışmada; frasaco (Frasaco, Tettang, Almanya) marka sağ üst santral diş kullanılmıştır. Prepare edilen diştten 1.grup (direkt dijitalizasyon) için doğrudan dijital ölçü elde edilirken, 2. (indirekt dijitalizasyon) ve 3. (kontrol grubu) gruplar için koyu ve akışkan kıvamda polivinilsiloksan ölçü materyalleri kullanılarak epoksi rezin modeller elde edilmiştir. Restorasyonların üretimi esnasında materyal ve işçiliğe bağlı meydana gelebilecek boyutsal hataların önüne geçilebilmesi için kontrol grubu için hazırlanan mum modelajlar modeller taranarak dijital ortamda tasarlanmış (CAD) ve mum bloklardan kazınarak üretilmiştir (CAM).

Bir araştırmanın sonuçlarının başarısını belirleyen ana faktör çalışma esnasında yeterli verinin elde edilebilmesidir. Çalışmada değerlendirmeye dahil edilen örnek sayısı, her bir örneğe ait ölçüm sayısı ve uygulanan istatistiksel testler; istatistiksel analizin gücüne doğrudan etki etmektedir. Farklı materyaller kullanılarak yapılan, tek kron restorasyonların marjinal ve internal uyumlarını değerlendiren in-vitro çalışmalarda; gruplardaki örnek sayılarını 5-10(Bae ve diğerleri, 2017; Gonzalo, Suárez, Serrano ve Lozano, 2009; Mously, Finkelman, Zandparsa ve Hirayama, 2014; Shokry ve diğerleri, 2010), 12-20(Mously ve diğerleri, 2014; Yildirim, Uzun ve Keles, 2017), ya

da 32-40(Saber, Abolfazli, Mahboub ve Razavi, 2013) olarak belirleyen araştırmacılar bulunmaktadır. Örnek sayısının azalması; standart sapma aralığının geniş olmasına, örnek sayısının artması ise standart sapma miktarının azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle 0.05 hata payı ve %90 test gücü ile yapılan güç analizi sonucunda, iki ortalama arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunabilmesi için çalışmadaki grupların örnek sayılarının en az 10 olması gerektiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen silikon replikaların marjinal ve internal aralık ölçümleri; bukkolingual yönde (sagittal), mezyodistal yönde (frontal) iki kesit alınarak doğrusal olarak ve kesit alınmaksızın hacim ölçülerek 3 boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir. Kesitlere ait ölçüm noktaları belirlenirken daha önce yapılmış çalışmalar göz önünde bulundurulmuştur. Sagittal kesit üzerinde 5, frontal kesit üzerinde 7 olmak üzere toplamda 12 noktada ölçüm gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda kesitsel ölçümler ile elde edilen verilerin daha güvenilir bir şekilde doğrulanabilmesi adına hacim toplam marjinal ve internal hacim her bir örnek için ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

Pimenta ve arkadaşları(Pimenta, Frasca, Lopes ve Rivaldo, 2015) preparasyonu tamamlanmış bir maksiller kanin kullanmışlardır. Full seramik kron, zirkonyum alt yapılı seramik kron ve nikel-krom altyapılı seramik kronlar üretmişler ve marjinal-internal uyumlarını marjinal bölgede belirledikleri dört nokta ve internal bölgede belirledikleri dokuz noktayı referans alarak değerlendirmişlerdir. Mously ve arkadaşları(Mously ve diğerleri, 2014) yapmış oldukları çalışmada farklı siman aralıkları belirleyerek ürettikleri 30 adet CAD/CAM lityum disilikat kronu değerlendirmişlerdir; ölçümlerini yaparken, bukkolingual ve mezyodistal doğrultuda beşer adet kesit almışlardır. Bu çalışmada araştırmacılar, mutlak marjinal aralık ve marjinal aralığın Holmes ve arkadaşlarının kriterlerine uygun olarak ele alınmış, her kesitten 12 noktaya bakarak bir diştten 120 ölçüm noktası elde etmiştir.

Alfaro ve arkadaşları(Alfaro, Ruse, Carvalho ve Wyatt, 2015) ile Kim ve arkadaşları(J. H. Kim, Jeong, Lee ve Cho, 2016) da lityum disilikat tek kron restorasyonları üzerinde çalışmışlardır. Alfaro ve arkadaşları; internal uyum aralıklarını ölçmüşler ve internal aralığın toplam hacmi ile ölçülmüş olan bu aralığın kalınlığını; kabul edilebilir (120µm) değer ile kıyaslamışlardır. Kim ve arkadaşları ise CAD/CAM ve ısı-basınçla üretilen lityum disilikat kronların marjinal aralıklarını mikro-CT görüntülemeleri yardımıyla her bir örnek üzerinde 20 nokta belirleyerek ölçmüşlerdir.

Demir ve arkadaşları(Demir, Ozturk ve Malkoc, 2014) farklı marjinal bitim açıları ile prepare etmiş oldukları 60 adet premolar dişi çalışmalarında kullanarak, mutlak marjinal ve marjinal aralık değerlerini ölçmüşler ve bu ölçümler için mikro-CT görüntülemelerinden faydalanmışlardır. Bu görüntülemeler üzerinde her bir örnek için bukkal ve lingual bölge ölçümleri elde edecekleri bir sagittal ve mezyal ve distal bölge ölçümleri elde edebilecekleri bir koronal kesit almışlardır. Bu sayede her bir örnekten 80 ölçüm noktası elde etmişlerdir.

Sabit bir protetik restorasyonun retansiyonunu ve marjinal, internal uyumunu belirleyen temel faktörlerden biri okluzal konikleşme açısıdır. Bu konuda yapılmış pek çok çalışma olup, 6°(Limkangwalmongkol, Chiche ve Blatz, 2007; Mously ve diğerleri, 2014; Naveen, Pillai, Porwal, Nadiger ve Guttal, 2011; Syrek ve diğerleri, 2010), 8°(Martins ve diğerleri, 2012; Tan, Gratton, Diaz-Arnold ve Holmes, 2008) ve 12°(Colpani, Borba ve Della Bona, 2013; Karataşlı, Kursoğlu, Çapa ve Kazazoglu, 2011) olmak üzere üç farklı değer okluzal konikleşme açısı olarak belirlenek diş preparasyonlarının yapıldığı görülmektedir. Langer ve arkadaşları(Langer ve Langer, 2000), yapmış olduğu bir çalışmada, kron boyu kısa dişlerde konikleşme açısının 2°- 5° olmasının retansiyonu arttırıcı etki sağladığını gözlemlemiştir. Ushiwata ve arkadaşları(Ushiwata, de Moraes, Bottino ve da Silva, 2000) ise konikleşme açısı arttıkça marjinal uyumsuzluğun azaldığı sonucuna erişmiştir. Tiu ve arkadaşları(Tiu, Al-Amleh, Waddell ve Duncan, 2015) çalışmada kullanacakları diş preparasyonlarında farklı okluzal konikleşme açılarını kıyaslamış ve 10°- 22° olmasının 2°- 5° olmasına kıyasla daha ideal olduğunu vurgulamıştır. Döküm ve CAD/Cam ile üretilen kobalt-krom metal altyapılı kronlarda marjinal uyumun değerlendirildiği iki farklı çalışmada, okluzal konikleşme açısı 16°(Örtorp, Jönsson, Mouhsen ve Vult Von Steyern, 2011) ve 20°(Tamac, Toksavul ve Toman, 2014) olarak saptanmıştır. CAD/CAM ile üretim yapılan çalışmalarda okluzal konikleşme açısının arttırıldığı görülmüştür. Bu çalışmada ise preparasyon tasarımı oluşturulurken okluzal konikleşme açısı 20° olarak ayarlanmıştır.

Çok sayıda araştırmacı, farklı basamak tiplerinin (shoulder, chamfer, feather edge, knife edge), kronların uyumları üzerine etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Fakat bu çalışmalardaki sonuçlar genellikle birbirlerinden farklılık göstermektedir. Gavelis ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada(Gavelis, Morency, Riley ve Sozio, 1981); basamak tasarımının özellikle restorasyonun simantasyonu sırasında etkili

olduğunu tespit etmiştir. Simantasyon esnasında, kronun aksiyal duvarları prepare dışın aksiyal duvarlarıyla karşılaştığında, simanın kaçış yolu daralmaktadır. Bu sayede; kronun içindeki hidrostatik basınç, ısırma kuvvetiyle dengeleninceye kadar artar ve kronun dış üzerindeki yerleşimi durmaktadır. Gavelis ve arkadaşlarının çalışması sonucunda görülmüştür ki; shoulder tipi basamak tasarımı aksiyal duvarlarda sıkışan simanın kaçışını kolaylaştırmış ve tüm gruplar arasındaki en iyi internal uyumu sağlayan grup olmuştur. Ancak aynı çalışmada en iyi marjinal uyum, feather edge ve paralel bevel basamak tiplerinde görülmüştür. Han ve arkadaşlarının(Han, Yang, Lim ve Park, 2011) yapmış olduğu bir başka çalışmada; farklı tip basamakların titanyum alt yapılı seramik kronların marjinal uyumları değerlendirilmiş ve shoulder ile chamfer basamak tiplerinin istatistiksel olarak birbirilerinden farklı olmadıkları görülmüştür. Aynı çalışmada, knife edge grubu en kötü marjinal uyumu sergileyen grup olmuştur. Alharbi ve arkadaşları(Alharbi, Alharbi, Cuijpers, Osman ve Wismeijer, 2018) yapmış oldukları çalışmada, marjinal uyum ölçümlerini yaparken Mikro-CT ile ölçüm gerçekleştirmişler ve farklı bitim çizgilerine sahip polimetilmetakrilat (PMMA) kronları incelemişlerdir. Bu çalışmada; knife-edge, chamfer, iç açısı yuvarlatılmış shoulder ve iç açısı yuvarlatılmış shoulder bevel basamak tipleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İç açısı yuvarlatılmış shoulder bevel tipi basamak incelendiğinde, diğer basamak tiplerine kıyasla, istatistiksel olarak daha anlamlı sonuçlar görülmüştür. Yapılan bir başka çalışmada; Shiratsuchi ve arkadaşları(Shokry ve diğerleri, 2010) ana model olarak seçtikleri maksiller santral diş üzerine; shoulder, yuvarlatılmış shoulder, derin chamfer basamak uygulamışlar ve kobalt krom alt yapılı seramik kronları uygulayarak incelemişlerdir. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı bünyesinde invitro koşullarda yürütülmüş ve 2019 da Nigerian Journal of Clinical Practice dergisinde yayınlanmış Kutay Gürelin, Prof.Dr. Suna Toksavul danışmanlığında yapmış olduğu tez çalışmasında da preparasyonun 1.2mm genişliğinde 120 derecelik chamfer basamak tipi ile bitirildiği bildirilmiştir(Gürel ve Toksavul, 2018; Gurel, Toksavul, Toman ve Tamac, 2019). Çalışma sonucunda derin chamfer basamak grubu en düşük marjinal aralığı sergilerken, en yüksek marjinal aralık shoulder basamak grubunda gözlemlenmiştir. Bu nedenle in vitro olarak gerçekleştirdiğimiz çalışmamızda 1,2 mm genişliğinde 120°lik chamfer basamak tipi tercih edilmiştir.

Bu çalışmada internal ve marjinal aralık ölçümünün yapılması için silikon replika tekniği kullanılmıştır. Silikon replikaların elde edilme protokolündeki standardizasyonun sağlanabilmesi açısından, silikon replikalar elde edilirken güdükler üzerinde örneklerin sabit bir kuvvet altında tutulması son derece önemlidir (Mously ve diğerleri, 2014; Piemjai, 2001; Shokry ve diğerleri, 2010). Piemjai(Piemjai, 2001) yapmış olduğu çalışmada, farklı kuvvetler uygulayarak tek kronların marjinal uyumlarını değerlendirmiştir; 25, 100 ve 300 Newton (N) kuvvet uygulanan örneklerin marjinal uyumları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenememiştir. Weaver ve arkadaşları(Weaver, Johnson ve Bales, 1991) da bu sonucu doğrular bir yargıya varmış ve çalışmalarında kron yerleştirilmesi esnasında uygulanan basınç ile marjinal aralık arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edememişlerdir. Bu çalışmada, silikon replikalar elde edilirken tek bir araştırmacı tarafından parmak basısı uygulanmıştır. Marjinal ve internal uyum değerlendirilmesi amaçlı pek çok farklı yaklaşım mevcuttur. Bu değerlendirme ağırlıklı olarak restorasyonlar dişler üzerine simante edildikten sonra kesitler alınarak mikroskop altında gerçekleştirilmektedir.(Ahrberg, Lauer, Ahrberg ve Weigl, 2016b; Han ve diğerleri, 2011; J. H. Kim ve diğerleri, 2016; Saber ve diğerleri, 2013) Silikon replika ise diğer yöntemlerin aksine konservatif bir yöntem olduğu ve örneklerin yapısal bütünlüğünü bozmadığı için özellikle de in-vivo çalışmalarda yaygın tercih edilen bir yöntem olmuştur. Örneklerin yapısal bütünlüğü bozulmadığından silikon replika yöntemi ile aynı örnek üzerinden birden çok tekrar ile ölçüm yapılabilmesine imkan tanımaktadır. Bu yöntemin olumsuz yanları ve teknik zorluğu ise replikaların restorasyon iç yüzeyinden çıkartılırken yırtılabilmesi ve boyutsal stabilitelerini kısıtlı bir süre koruyabildiklerinden analizlerin bir an evvel yapılması gerekliliğidir.Bu çalışma yapılırken de bu teknik hassasiyet göz önünde bulundurularak boyutsal deformasyona sebebiyet verilmemesi amaçlı vakit kaybedilmeden örneklerin Mikro-CT görüntülemeleri elde edilmiştir. Restorasyonların uyumunun dişler veya güdükler üzerinde akışkan kıvamlı bir silikon ölçü materyali yardımıyla kontrol edilmesi uzun dönem klinik başarı adına son derece önemlidir. Bu yöntem ile marjinal ve internal uyum değerlendiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır.(Karakaya, Sengun ve Özer, 2005; Renne, McGill, Forshee, Defee ve Mennito, 2012; Tamim, Skjerven, Ekfeldt ve Rønold, 2014; Tsirogiannis, Reissmann ve Heydecke, 2016)

Literatürde marjinal aralık ile ilgili ortak bir kanı olmayıp farklı yazarlarca kabul edilen farklı değerlerde açıklıklar görülmektedir. Han ve arkadaşlarının(Han ve diğerleri, 2011) shoulder, chamfer ve knife-edge marjinal bitim tasarımları ile hazırlanmış millleme ve döküm yoluyla üretilmiş titanyum kronların marjinal uyumlarını değerlendirdikleri çalışmalarında 55 - 80µm aralığında marjinal aralık değerleri elde edilmiştir. Klinik çalışmalarda ise bu aralıktaki değerlere nadir rastlanmaktadır. McLean, kron simantasyonu ardından kabul edilebilir marjinal siman aralığını 120µm olarak tanımlamıştır.(McLean, 1980) In-vitro koşullarda gerçekleştirilen bu çalışmada ise marjinal aralık değerleri direkt dijitalizasyon, indirekt dijitalizasyon ve kontrol grupları için sırasıyla ortalama 340µm ($\pm 10 \mu\text{m}$), 490µm ($\pm 60 \mu\text{m}$) ve 143.5µm ($\pm 40 \mu\text{m}$) olarak tespit edilmiştir.

Ahrberg ve arkadaşları(Ahrberg ve diğerleri, 2016) yapmış oldukları klinik çalışmada monolitik zirkonyum restorasyon planlanan 25 hastada, 17 tek kron ve 8 adet de 3 üyeli köprü üretmişler ve her hasta için her bir restorasyonu hem direkt dijitalizasyon hem de geleneksel ölçü yöntemleri ile polieter ölçülerden elde edilen dental alçı modellerden indirekt dijitalizasyon ile üretmişlerdir. Silikon replika yöntemiyle siman aralığını kaydeden araştırmacılar, replikaları 4 ayrı parçaya ayırarak x64 büyütme altında marjinal aralık, orta aksiyal aralık, aksiy-okluzal geçiş ve merkez-okluzal bölge olmak üzere 4 noktada kesitsel ölçümler kaydetmişlerdir. Araştırmacıların çalışmalarında bulunduğu sonuçlar, bu in-vitro çalışmanın sonuçlarını destekler niteliktedir. Araştırmacılar marjinal aralık ölçümlerinde direkt dijitalizasyon ve indirekt dijitalizasyon gurplarında sırasıyla 61.08µm ($\pm 24.77 \mu\text{m}$) ve 70.40µm ($\pm 28.87 \mu\text{m}$) ortalama değerlerini kaydetmiş ve istatistik analiz sonucunda bu farkın anlamlı olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada internal aralığa ait , orta aksiyal aralık, aksiy-okluzal geçiş ve merkez-okluzal bölge ölçümlerinin hepsinde direkt dijitalizasyon grubu daha düşük aralık ölçümleri sunarken, internal aralık bölgesinde sadece merkez-okluzal bölge ölçümleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Araştırmacılar marjinal alanda direkt dijitalizasyon yönteminin indirekt dijitalizasyon yöntemine kıyasla anlamlı düzeyde başarılı klinik sonuçlar gösterdiğini ve tedavi süresini anlamlı düzeyde kısalttığını kaydetmişlerdir. Aynı zamanda standart sapma miktarları incelendiğinde de direkt dijitalizasyon grubu için standart sapma değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde indirekt dijitalizasyon grubu verilerinde direkt dijitalizasyon verilerine kıyasla daha

büyük standart sapma değerleri görülmüştür. Buradan da üretim istikrarı açısından dijital ölçü yaklaşımları karşılaştırıldığında direkt dijitalizasyon yöntemi ile daha istikrarlı ve ön görülebilir bir üretimin mümkün olduğu sonucuna varılabilmektedir.

İn vitro olarak gerçekleştirilen bu çalışmada varılan sonuçlar literatürde monolitik seramik CAD/CAM restorasyonlar çalışılmış klinik çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Benzer bir yaklaşımla replika yöntemini kullanarak 20 adet tam seramik LAVA tek kron restorasyonların üretiminde direkt dijitalizasyon ve indirekt dijitalizasyon yöntemi uygulanan deney gruplarını karşılaştıran Syrek ve arkadaşları(Syrek ve diğerleri, 2010); direkt dijitalizasyon ve indirekt dijitalizasyon grupları için ortalama marjinal aralığı sırasıyla $49\mu\text{m}$ ve $71\mu\text{m}$ olarak ölçmüşlerdir. Scotti ve arkadaşlarının(Scotti, Cardelli, Baldissara ve Monaco, 2011) yapmış olduğu bir başka çalışma da bu sonuçları destekler niteliktedir; araştırmacılar, $48.65\mu\text{m}$ 'lik bir marjinal aralık ve benzer bir internal aralık ölçümü kaydetmişlerdir.

CAD/CAM kronların üretiminde, dijital ölçünün elde edildiği aşama kadar restorasyonun başarısında etkili bir diğer faktör de kullanılan laboratuvar veya ağız içi tarayıcının görüntüleme mekanizması ve hassasiyetidir. Seelbach ve arkadaşlarının(Seelbach, Brueckel ve Wöstmann, 2013) yapmış olduğu çalışmada araştırmacılar, Lava C.O.S., CEREC ve iTero tarayıcıları karşılaştırmış ve farklı tarayıcılar kullanılarak üretilen restorasyonlarda sırasıyla $48\pm 25\mu\text{m}$, $48\pm 25\mu\text{m}$, $41\pm 16\mu\text{m}$ marjinal aralık ölçümleri elde etmişler ve tarayıcılar arasındaki farklılıkların tarayıcıların sahip olduğu çözünürlük ve görüntüleme teknolojilerindeki farklılıklardan kaynaklanabilmekte olduğu sonucuna varmıştır. Abduo ve arkadaşları(Abduo ve Elseyoufi, 2018) 2018 yılında bu konu üzerine yapmış oldukları literatür derlemesinde bu farkları tanımlamada kullanılan iki ana değişken belirtmiştir. Bu iki değişkeni Doğruluk ve Hassasiyet olarak belirten araştırmacılar, bu terimleri şu şekilde açıklamıştır:

- Doğruluk:Ağız içi tarayıcılar tarafından elde edilen sanal modelin bir referans model ile karşılaştırılmasıdır; doğruluk, referans model referans alındığında tespit edilen sapmayı ifade eder
- Hassasiyet: Aynı ağız içi tarayıcı tarafından elde edilen sanal modellerin birbirleri ile karşılaştırılmasıdır; hassasiyet, bütün bir ölçü prosedürünün tekrar edilebilirliğinin ölçüsünü ifade eder(Abduo ve Elseyoufi, 2018)

Bu noktada farklı ağız içi tarayıcıları karşılaştıran çalışmalar birbirinden farklı hassasiyet verileri bildirmiştir. Nedelcu ve Persson(Nedelcu ve Persson, 2014) yapmış oldukları çalışmada 4 farklı ağız içi tarayıcıyı (CEREC Bluecam, iTero, LAVA C.O.S., E4D) tek bir dişin taranması amaçlı karşılaştırmış ve doğruluk değerlerinde anlamlı bir farklılık bulunduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmada, yüzey işlemi gerektirmeyen (tozsuz) tarayıcılar için elde edilen veriler en yüksek sapmayı göstermiş ve bu tip tarayıcıların yüzey yapısındaki bozukluklara karşı daha duyarlı oldukları kaydedilmiştir(Nedelcu ve Persson, 2014). Bir başka tek diş taraması çalışılan araştırmada ise, TRIOS ve LAVA C.O.S. ağız içi tarayıcılarının, CEREC Bluecam ve iTero ağız içi tarayıcılarına göre daha üstün hassasiyete sahip olduğu belirtilmiştir(Yang, Lv, Liu, Si ve Feng, 2015). Başka bir çalışmada da tek molar diş taramasında TRIOS ve MHT ağız içi tarayıcılarının benzer doğruluk ve hassasiyete sahip olduğunu belirtmektedir(Rudolph ve diğerleri, 2016).

CAD/CAM teknolojilerinin gelişmesi ve dolaylı olarak artan talep ile birlikte geleneksel yöntemlere kıyasla endikasyon alanları, başarı ve hassasiyet oranları, güçlü yanları, zayıflıkları ve bütün bunlara bağlı olarak geleneksel yöntemlere tercih edilebilirlikleri literatürde yaygın sorgulanan ve araştırılan bir konu haline gelmiştir. İn vitro çalışmamızın da temel sorgulamala alanını bu husus oluşturmaktadır. Literatürde konuyla ilgili çeşitli görüşler bildirilmiş olup, tek kron ve az üyeli, kısa gövdeli sabit restorasyonların üretimi amaçlı kullanımda dijital ölçülerin geleneksel üretim teknikleri ile benzer sonuçlar verebildiği yaygın olarak belirtilen bulgu olmuştur. Aynı şekilde implant destekli kron ve köprülerin üretiminde de dijital ölçüler klinik olarak kabul edilebilir düzeyde sonuçlar sunmaktadır. Ancak, ölçüsü alınan ark mesafesi uzadıkça dijital ölçü yöntemleri adına hata payının arttığı ve geleneksel yöntemlerin daha istikrarlı sonuçlar sunabildiği yaygın olarak rapor edilmiştir(Ahlholm, Sipilä, Vallittu, Jakonen ve Kotiranta, 2018).

Anadioti ve arkadaşları(Anadioti ve diğerleri, 2014) 2014 yılında yayınlamış oldukları çalışmalarında lityum disilikat tek kronların üretiminde dijital ve geleneksel ölçü ve üretim yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada araştırmacılar; polivinilsiloksan ölçüden IPS Emax Press ingotlar ile restorasyon üretilen grup, polivinilsiloksan ölçüden IPS Emax CAD bloklar ile restorasyon üretilen grup, dijital ölçü ile IPS Emax Press ingotlar ile restorasyon üretilen grup ve dijital ölçü ile IPS Emax CAD bloklar ile restorasyon üretilen grup olmak üzere 4 grupta, 2 boyutlu ve 3 boyutlu ölçümler ile

marjinal uyumu değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, polivinilsiloksan ölçülerden ısı ile pressleme yöntemiyle elde edilen lityum disilikat kronlarda diğer gruplar ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark ile ($p<0,0001$) daha üstün marjinal uyum (2D: $0.048\text{mm}\pm0.009$ ve 3D: $0.040\text{mm}\pm0.009$). Aynı çalışmada polivinilsiloksan ölçüden IPS Emax CAD bloklar ile restorasyon üretilen grup (2D: $0.088\text{ mm}\pm0.024$ ve 3D: $0.076\text{ mm}\pm0.023$) ve dijital ölçü ile IPS Emax Press ingotlar ile restorasyon üretilen grup (2D: $0.089\text{ mm}\pm0.020$ ve 3D: $0.075\text{ mm}\pm0.015$) kıyaslandığında ise aralarında hem 2 boyutlu hem de 3 boyutlu ölçümler için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. İn vitro koşullarda gerçekleştirdiğimiz çalışmamızın hacim ölçümlerinin değerlendirmesi bu sonucu destekler nitelikteyken (grupların ikili analizi sonucu $p>0.05$), genel marjinal aralık ve internal aralık ölçümleri direkt dijitalizasyon ve indirekt dijitalizasyon grupları arasında direkt dijitalizasyon lehine istatistiksel olarak anlamlı bir fark (grupların ikili analizi sonucu $p<0.05$) sergilemiştir.

Dijital ölçüler, geleneksel ölçü yöntemleri kıyaslandığında hem diş hem implant destekli tek kronlar ve kısa ark mesafesini kateden sabit restorasyonların üretimi için klinik olarak kabul edilebilir sonuçlar sunmaktadır. Üretim sürecinde dijital yaklaşımın sağladığı en büyük avantajın işlemin daha hızlı yapılmasını sağlamasına bağlı olarak prosedür için klinik ortamda harcanan süreyi azaltması ve dolayısıyla tedavi sürecini önemli ölçüde kısaltmasıdır. Ahlholm ve arkadaşlarının^{A72} da yapmış oldukları literatür derlemesinde belirtmiş olduğu gibi, full ark restorasyonların üretiminde geleneksel yöntemler halen tercih edilmesi önerilen yaklaşım olarak ön plana çıkmaktadır.

Bilgisayar destekli üretim (CAM) teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler ile birlikte pre-kristalize lityum disilikat bloklar kullanılarak hem üretim süresinin hem de freze işlemine bağlı üretim maliyetinin azaltılması mümkün hale gelmiştir. Fakat klinik uygulamalar esnasında ölçülerin elde edilmesi noktasında dijitalizasyonun gerçekleştirildiği aşamanın sonuca olan etkisinin karşılaştırılmasına yönelik yeterli klinik çalışma bulunmamaktadır.

6-SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen bu in-vitro çalışmada kaydedilen verilerin değerlendirilmesi sonucu aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Direkt dijitalizasyon ve indirekt dijitalizasyon gruplarının internal aralık ve marjinal aralık genel ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken, toplam hacim ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.
2. Direkt dijitalizasyon, indirekt dijitalizasyon gruplarının kesitsel ölçüm ortalamaları incelendiğinde vestibüler marjinal, mezyal marjinal, distal marjinal ve mezyo-insizal köşe aralıklarının ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur.
3. İnternal aralık değerleri karşılaştırıldığında en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubunda daha sonra sırasıyla direkt dijitalizasyon ve kontrol gruplarında gözlemlenmiştir. Gruplar arasındaki bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.
4. Marjinal aralık değerleri karşılaştırıldığında en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubunda daha sonra sırasıyla direkt dijitalizasyon ve kontrol gruplarında gözlemlenmiştir. Gruplar arasındaki bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.
5. Toplam hacim değerleri karşılaştırıldığında en büyük aralık ölçümleri indirekt dijitalizasyon grubunda daha sonra sırasıyla direkt dijitalizasyon ve kontrol gruplarında gözlemlenmiştir; fakat gruplar arasındaki bu farklılıklar yapılan çoklu varyans analizleri sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, post-hoc ikili karşılaştırma analizleri snoucunda direkt dijitalizasyon ve indirekt dijitalizasyon yöntemleri arasında toplam hacim değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.
6. Kontrol grubu örnekleri için mum modelajların dijital ortamda tasarlanıp mum bloklardan millenmesi ile final restorasyonlarda istatistiksel olarak anlamlı bir farkla daha üstün marjinal ve internal uyum sağlanması göstermiştir ki dijital işleyiş konvansiyonel işleyişin içerdiği materyale ve işçiliğe bağlı meydana gelebilecek sapmaları elimine ettiğinden daha hassas ve tutarlı bir üretime imkan sağlamaktadır.

Sonuç olarak yapılan istatistik analizler ışığında; ağız içinden doğrudan elde edilen ve dolaylı yoldan çalışma modellerinden elde edilen dijital ölçülerden üretilen lityum disilikat CAD/CAM kronların marjinal ve internal uyumlarının kabul edilebilir sınırlar dahilinde olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca üretim yöntemleri karşılaştırıldığında; CAD/CAM Lityum disilikat kronların, ısı ile pressleme yöntemiyle üretilen konvansiyonel Lityum disilikat kronlar ile kıyaslandığında marjinal ve internal uyumlarının kabul edilebilir sınırlar dahilinde olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmanın in vitro oluşu sebebiyle; klinik uygulamalarda kullanılan bu yöntemlerin başarı yüzdelerinden kesin bir karara varabilmek için bu gruplardan çok daha fazla sayıda klinik vakanın yapılması ve uzun süreli klinik takiplerin yapılmasına gereksinim vardır.



KAYNAKLAR

- Abduo, J. ve Elseyoufi, M. (2018, 30 Ağustos). Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors. *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*. NLM (Medline). 30;26(3):101-121. doi:10.1922/EJPRD_01752Abduo21
- Ahlholm, P., Sipilä, K., Vallittu, P., Jakonen, M. ve Kotiranta, U. (2018, 1 Ocak). Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *Journal of Prosthodontics*. Blackwell Publishing Inc. 27(1):35-41. doi:10.1111/jopr.12527
- Ahrberg, D., Lauer, H. C., Ahrberg, M. ve Weigl, P. (2016a). Evaluation of fit and efficiency of CAD/CAM fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization: a double-blinded, randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 20(2), 291–300. doi:10.1007/s00784-015-1504-6
- Ahrberg, D., Lauer, H. C., Ahrberg, M. ve Weigl, P. (2016b). Evaluation of fit and efficiency of CAD/CAM fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization: a double-blinded, randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 20(2), 291–300. doi:10.1007/s00784-015-1504-6
- Alfaro, D. P., Ruse, N. D., Carvalho, R. M. ve Wyatt, C. C. (2015). Assessment of the Internal Fit of Lithium Disilicate Crowns Using Micro-CT. *Journal of Prosthodontics*, 24(5), 381–386. doi:10.1111/jopr.12274
- Alharbi, N., Alharbi, S., Cuijpers, V. M. J. I., Osman, R. B. ve Wismeijer, D. (2018). Three-dimensional evaluation of marginal and internal fit of 3D-printed interim restorations fabricated on different finish line designs. *Journal of Prosthodontic Research*, 62(2), 218–226. doi:10.1016/j.jpor.2017.09.002
- Anadioti, E., Aquilino, S. A., Gratton, D. G., Holloway, J. A., Denry, I., Thomas, G. W. ve Qian, F. (2014). 3D and 2D Marginal Fit of Pressed and CAD/CAM Lithium Disilicate Crowns Made from Digital and Conventional Impressions. *Journal of Prosthodontics*, 23(8), 610–617. doi:10.1111/jopr.12180
- Anunmana, C., Charoenchitt, M. ve Asvanund, C. (2014). Gap comparison between single crown and three-unit bridge zirconia substructures. *Journal of Advanced*

Prosthodontics, 6(4), 253–258. doi:10.4047/jap.2014.6.4.253

Bae, S. Y., Park, J. Y., Jeong, I. Do, Kim, H. Y., Kim, J. H. ve Kim, W. C. (2017). Three-dimensional analysis of marginal and internal fit of copings fabricated with polyetherketoneketone (PEKK) and zirconia. *Journal of Prosthodontic Research*, 61(2), 106–112. doi:10.1016/j.jprior.2016.07.005

Bajraktarova-Valjakova, E., Korunoska-Stevkovska, V., Kapusevska, B., Gigovski, N., Bajraktarova-Misevska, C. ve Grozdanov, A. (2018). Contemporary dental ceramic materials, a review: Chemical composition, physical and mechanical properties, indications for use. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 6(9), 1742–1755. doi:10.3889/oamjms.2018.378

Balkaya, M. C., Cinar, A. ve Pamuk, S. (2005). Influence of firing cycles on the margin distortion of 3 all-ceramic crown systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 93(4), 346–355. doi:10.1016/j.prosdent.2005.02.003

Beier, U. ., Kapferer, I. ve Dumfahrt, H. (2012). Clinical long-term evaluation and failure characteristics of 1,335 all-ceramic restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 107(4), 238. doi:10.1016/s0022-3913(12)60068-7

Beschnidt, S. M. ve Strub, J. R. (1999). Evaluation of the marginal accuracy of different all-ceramic crown systems after simulation in the artificial mouth. *Journal of Oral Rehabilitation*. Blackwell Publishing Ltd. 26(7):582-93. doi:10.1046/j.1365-2842.1999.00449.x

Bilir, H. ve Ayguzen, C. (2020). Comparison of digital and conventional impression methods by preclinical students: Efficiency and future expectations. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 10(4), 402–409. doi:10.4103/jispcd.JISPCD_330_18

Bocklet, C., Renne, W., Mennito, A., Bacro, T., Latham, J., Evans, Z., ... Nash, J. (2019). Effect of scan substrates on accuracy of 7 intraoral digital impression systems using human maxilla model. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 22(S1), 168–174. doi:10.1111/ocr.12273

Borba, M., De Araújo, M. D., De Lima, E., Yoshimura, H. N., Cesar, P. F., Griggs, J. A. ve Della Bona, Á. (2011). Flexural strength and failure modes of layered

- ceramic structures. *Dental Materials*, 27(12), 1259–1266.
doi:10.1016/j.dental.2011.09.008
- Colpani, J. T., Borba, M. ve Della Bona, Á. (2013). Evaluation of marginal and internal fit of ceramic crown copings. *Dental Materials içinde* (C. 29, ss. 174–180). Dent Mater. doi:10.1016/j.dental.2012.10.012
- Contrepois, M., Soenen, A., Bartala, M. ve Laviole, O. (2013). Marginal adaptation of ceramic crowns: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 110(6), 447–454. doi:10.1016/j.prosdent.2013.08.003
- Demir, N., Ozturk, A. N. ve Malkoc, M. A. (2014). Evaluation of the marginal fit of full ceramic crowns by the microcomputed tomography (micro-CT) technique. *European Journal of Dentistry*, 8(4), 437–444. doi:10.4103/1305-7456.143612
- Driscoll, C. F., Freilich, M. A., Guckes, A. D., Knoernschild, K. L., McGarry, T. J., Goldstein, G., ... Vanblarcom, C. (2017). The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *The Journal of prosthetic dentistry*, 117(5), e1–e105.
doi:10.1016/j.prosdent.2016.12.001
- El-Ebrashi, M. K., Craig, R. G. ve Peyton, F. A. (1969). Experimental stress analysis of dental restorations. Part IV. The concept of parallelism of axial walls. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 22(3), 346–353. doi:10.1016/0022-3913(69)90196-6
- Farah, J. W. ve Craig, R. G. (1974). Finite Element Stress Analysis of a Restored Axisymmetric First Molar. *Journal of Dental Research*, 53(4), 859–866.
doi:10.1177/00220345740530041701
- Gavelis, J. R., Morency, J. D., Riley, E. D. ve Sozio, R. B. (1981). The effect of various finish line preparations on the marginal seal and occlusal seat of full crown preparations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 45(2), 138–145.
doi:10.1016/0022-3913(81)90330-9
- Ghaemi, M. H., Reichert, S., Krupa, A., Sawczak, M., Zykova, A., Lobach, K., ... Svitlychnyi, Y. (2017). Zirconia ceramics with additions of Alumina for advanced tribological and biomedical applications. *Ceramics International*, 43(13), 9746–9752. doi:10.1016/j.ceramint.2017.04.150

- González de Villambrosia, P., Martínez-Rus, F., García-Orejas, A., Salido, M. P. ve Pradies, G. (2016). In vitro comparison of the accuracy (trueness and precision) of six extraoral dental scanners with different scanning technologies. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(4), 543-550.e1. doi:10.1016/j.prosdent.2016.01.025
- Gonzalo, E., Suárez, M. J., Serrano, B. ve Lozano, J. F. L. (2009). A comparison of the marginal vertical discrepancies of zirconium and metal ceramic posterior fixed dental prostheses before and after cementation. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 102(6), 378-384. doi:10.1016/S0022-3913(09)60198-0
- Good, M. L., Mitchell, C. A., Pintado, M. R. ve Douglas, W. H. (2009). Quantification of all-ceramic crown margin surface profile from try-in to 1-week post-cementation. *Journal of Dentistry*, 37(1), 65-75. doi:10.1016/j.jdent.2008.09.011
- Gürel, K. ve Toksavul, S. (2018). *CAD/CAM ve KONVANSİYONEL DÖKÜM YÖNTEMLERİYLE ÜRETİLEN KOBALT-KROM ve TİTANYUM METAL ALT YAPILI SERAMİK KRONLARIN MARJİNAL ve İTERNAL UYUMLARININ İN VİTRO KARŞILAŞTIRILMALI OLARAK ARAŞTIRILMASI*. Ege Üniversitesi.
- Gürel, K., Toksavul, S., Toman, M. ve Tamac, E. (2019). In vitro marginal and internal adaptation of metal-ceramic crowns with cobalt-chrome and titanium framework fabricated with CAD/CAM and casting technique. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 22(6), 812-816. doi:10.4103/njcp.njcp_570_18
- Güth, J. F., Keul, C., Stimmelmayer, M., Beuer, F. ve Edelhoff, D. (2013). Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clinical Oral Investigations*, 17(4), 1201-1208. doi:10.1007/s00784-012-0795-0
- Han, H. S., Yang, H. S., Lim, H. P. ve Park, Y. J. (2011). Marginal accuracy and internal fit of machine-milled and cast titanium crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 106(3), 191-197. doi:10.1016/S0022-3913(11)60120-0
- Karakaya, S., Sengun, A. ve Özer, F. (2005). Evaluation of internal adaptation in ceramic and composite resin inlays by silicon replica technique. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32(6), 448-453. doi:10.1111/j.1365-2842.2005.01443.x
- Karataşlı, Ö., Kursoğlu, P., Çapa, N. ve Kazazoğlu, E. (2011). Comparison of the

marginal fit of different coping materials and designs produced by computer aided manufacturing systems. *Dental Materials Journal*, 30(1), 97–102.
doi:10.4012/dmj.2010-063

Kaufman, E., Coelho, D. ve Colin, L. (1961). Factors influencing the restoration of cemented gold castings. *J Prosthet Dent*, 11, 487–502.

Kim, I., Paik, K. S. ve Lee, S. P. (2007). Quantitative evaluation of the accuracy of micro-computed tomography in tooth measurement. *Clinical Anatomy*, 20(1), 27–34. doi:10.1002/ca.20265

Kim, J. H., Jeong, J. H., Lee, J. H. ve Cho, H. W. (2016). Fit of lithium disilicate crowns fabricated from conventional and digital impressions assessed with micro-CT. *Journal of Prosthetic Dentistry* içinde (C. 116, ss. 551–557). Mosby Inc. doi:10.1016/j.prosdent.2016.03.028

Langer, Y. ve Langer, A. (2000). Tooth-supported telescopic prostheses in compromised dentitions: A clinical report. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 84(2), 129–132. doi:10.1067/mpr.2000.108026

Laurent, M., Scheer, P., Dejou, J. ve Laborde, G. (2008). Clinical evaluation of the marginal fit of cast crowns - Validation of the silicone replica method. *Journal of Oral Rehabilitation*, 35(2), 116–122. doi:10.1111/j.1365-2842.2003.01203.x

Li, Haiyan, Li, J., Yun, X., Liu, X. ve Fok, A. S. L. (2011). Non-destructive examination of interfacial debonding using acoustic emission. *Dental Materials*, 27(10), 964–971. doi:10.1016/j.dental.2011.06.002

Li, Hong, Lyu, P., Wang, Y. ve Sun, Y. (2017). Influence of object translucency on the scanning accuracy of a powder-free intraoral scanner: A laboratory study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(1), 93–101.
doi:10.1016/j.prosdent.2016.04.008

Li, R. W. K., Chow, T. W. ve Matinlinna, J. P. (2014). Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: State of the art. *Journal of Prosthodontic Research*. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.jpor.2014.07.003

Limkangwalmongkol, P., Chiche, G. J. ve Blatz, M. B. (2007). Precision of fit of two

- margin designs for metal-ceramic crowns: Basic science research. *Journal of Prosthodontics*, 16(4), 233–237. doi:10.1111/j.1532-849X.2007.00186.x
- Martins, L. M., Lorenzoni, F. C., de Melo, A. O., da Silva, L. M., de Oliveira, J. L. G., de Oliveira, P. C. G. ve Bonfante, G. (2012). Internal fit of two all-ceramic systems and metal-ceramic crowns. *Journal of Applied Oral Science*, 20(2), 235–240. doi:10.1590/S1678-77572012000200019
- McLean, J. (1980). *The Science and Art of Dental Ceramics*. Chicago: Quintessence Publishing.
- Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S. ve 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. doi:10.4012/dmj.28.44
- Monmaturapoj, N., Lawita, P. ve Thepsuwan, W. (2013). Characterisation and properties of lithium disilicate glass ceramics in the SiO₂-Li₂O-K₂O-Al₂O₃ system for dental applications. *AdvMater Sci Eng*, 11.
- Mormann, W., Brandestini, M., Lutz, F. ve Barbakow, F. (1989). Chair side computer-aided direct ceramic inlays. *Quintessence Int.*, 20(1), 329–339.
- Mously, H. A., Finkelman, M., Zandparsa, R. ve Hirayama, H. (2014). Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat-press technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(2), 249–256. doi:10.1016/j.prosdent.2014.03.017
- Naveen, H. C., Pillai, L. K., Porwal, A., Nadiger, R. K. ve Guttal, S. S. (2011). Effect of porcelain-firing cycles and surface finishing on the marginal discrepancy of titanium copings. *Journal of Prosthodontics*, 20(2), 101–105. doi:10.1111/j.1532-849X.2010.00668.x
- Nawafleh, N. A., Mack, F., Evans, J., Mackay, J. ve Hatamleh, M. M. (2013). Accuracy and reliability of methods to measure marginal adaptation of crowns and FDPs: A literature review. *Journal of Prosthodontics*, 22(5), 419–428. doi:10.1111/jopr.12006
- Nedelcu, R. G. ve Persson, A. S. K. (2014). Scanning accuracy and precision in 4

- intraoral scanners: An in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(6), 1461–1471.
doi:10.1016/j.prosdent.2014.05.027
- Øilo, M. ve Gjerdet, N. R. (2013). Fractographic analyses of all-ceramic crowns: A study of 27 clinically fractured crowns. *Dental Materials*, 29(6).
doi:10.1016/j.dental.2013.03.018
- Örtorp, A., Jönsson, D., Mouhsen, A. ve Vult Von Steyern, P. (2011). The fit of cobalt-chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: A comparative in vitro study. *Dental Materials*, 27(4), 356–363. doi:10.1016/j.dental.2010.11.015
- Piemjai, M. (2001). Effect of seating force, margin design, and cement on marginal seal and retention of complete metal crowns. *The International journal of prosthodontics*, 14(5), 412–416.
- Pimenta, M. A., Frasca, L. C., Lopes, R. ve Rivaldo, E. (2015). Evaluation of marginal and internal fit of ceramic and metallic crown copings using x-ray microtomography (micro-CT) technology. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(2), 223–228. doi:10.1016/j.prosdent.2015.02.002
- Pjetursson, B. E., Sailer, I., Makarov, N. A., Zwahlen, M. ve Thoma, D. S. (2015). All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple-unit FDPs. *Dental Materials* içinde (C. 31, ss. 624–639). Elsevier Inc.
doi:10.1016/j.dental.2015.02.013
- Prudente, M. S., Davi, L. R., Nabbout, K. O., Prado, C. J., Pereira, L. M., Zancopé, K. ve Neves, F. D. (2018). Influence of scanner, powder application, and adjustments on CAD-CAM crown misfit. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(3), 377–383. doi:10.1016/j.prosdent.2017.03.024
- Raigrodski, A. J., Chiche, G. J. ve Swift, E. J. (2002). All-ceramic fixed partial dentures, Part III: clinical studies. *Journal of esthetic and restorative dentistry. American Academy of Esthetic Dentistry*, 14(5), 313–319.
- Renne, W., McGill, S. T., Forshee, K. V., Defee, M. R. ve Mennito, A. S. (2012).

Predicting marginal fit of CAD/CAM crowns based on the presence or absence of common preparation errors. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 108(5), 310–315. doi:10.1016/S0022-3913(12)60183-8

Rosenstiel, S., Martin, F. ve Fujimoto, J. (2006). *Contemporary Fixed Prosthodontics*. Mosby Inc.

Rudolph, H., Salmen, H., Moldan, M., Kuhn, K., Sichwardt, V., Wöstmann, B. ve Luthardt, R. G. (2016). Accuracy of intraoral and extraoral digital data acquisition for dental restorations. *Journal of Applied Oral Science*, 24(1), 85–94. doi:10.1590/1678-775720150266

Saber, F. S., Abolfazli, N., Mahboub, F. ve Razavi, F. E. (2013). The effect of occlusal surface relief of dies on marginal adaptation of metal-ceramic casting copings. *Journal of Prosthodontics*, 22(4), 287–291. doi:10.1111/j.1532-849X.2012.00946.x

Scotti, R., Cardelli, P., Baldissara, P. ve Monaco, C. (2011). Clinical fitting of CAD/CAM zirconia single crowns generated from digital intraoral impressions based on active wavefront sampling. *Journal of Dentistry*. doi:10.1016/j.jdent.2011.10.005

Seelbach, P., Brueckel, C. ve Wöstmann, B. (2013). Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clinical Oral Investigations*, 17(7), 1759–1764. doi:10.1007/s00784-012-0864-4

Shillinburg, H. (1997). *Fundamentals of Fixed Prosthodontics Third Edition*.

Shillingburg, H. T., Hobo, S. ve Fisher, D. W. (2003). Preparation design and margin distortion in porcelain-fused-to-metal restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 89(6), 527–532. doi:10.1016/S0022-3913(03)00239-7

Shokry, T. E., Attia, M., Mosleh, I., Elhosary, M., Hamza, T. ve Shen, C. (2010). Effect of metal selection and porcelain firing on the marginal accuracy of titanium-based metal ceramic restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 103(1), 45–52. doi:10.1016/S0022-3913(09)60216-X

Soares, C. J., Celiberto, L., Dechichi, P., Fonseca, R. B. ve Martins, L. R. M. (2005).

Marginal integrity and microleakage of direct and indirect composite inlays: SEM and stereomicroscopic evaluation. *Brazilian oral research*, 19(4), 295–301. doi:10.1590/s1806-83242005000400011

Swain, M. V. ve Xue, J. (2009). State of the art of Micro-CT applications in dental research. *International journal of oral science*. Int J Oral Sci. doi:10.4248/IJOS09031

Syrek, A., Reich, G., Ranftl, D., Klein, C., Cerny, B. ve Brodesser, J. (2010). Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *Journal of Dentistry*, 38(7), 553–559. doi:10.1016/j.jdent.2010.03.015

Tamac, E., Toksavul, S. ve Toman, M. (2014). Clinical marginal and internal adaptation of CAD/CAM milling, laser sintering, and cast metal ceramic crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(4), 909–913. doi:10.1016/j.prosdent.2013.12.020

Tamim, H., Skjerven, H., Ekfeldt, A. ve Rønold, H. (2014). Clinical Evaluation of CAD/CAM Metal-Ceramic Posterior Crowns Fabricated from Intraoral Digital Impressions. *The International Journal of Prosthodontics*, 27(4), 331–337. doi:10.11607/ijp.3607

Tan, P. L., Gratton, D. G., Diaz-Arnold, A. M. ve Holmes, D. C. (2008). An in vitro comparison of vertical marginal gaps of CAD/CAM titanium and conventional cast restorations. *Journal of Prosthodontics*, 17(5), 378–383. doi:10.1111/j.1532-849X.2008.00302.x

Tiu, J., Al-Amleh, B., Waddell, J. N. ve Duncan, W. J. (2015, 1 Mart). Clinical tooth preparations and associated measuring methods: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*. Mosby Inc. doi:10.1016/j.prosdent.2014.09.007

Tsirogiannis, P., Reissmann, D. R. ve Heydecke, G. (2016). Evaluation of the marginal fit of single-unit, complete-coverage ceramic restorations fabricated after digital and conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(3), 328-335.e2. doi:10.1016/j.prosdent.2016.01.028

- Ushiwata, O., de Moraes, J. V., Bottino, M. A. ve da Silva, E. G. (2000). Marginal fit of nickel-chromium copings before and after internal adjustments with duplicated stone dies and disclosing agent. *The Journal of prosthetic dentistry*, 83(6), 634–643. doi:10.1016/S0022-3913(00)70062-X
- Weaver, J. D., Johnson, G. H. ve Bales, D. J. (1991). Marginal adaptation of castable ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 66(6), 747–753. doi:10.1016/0022-3913(91)90408-O
- Weed, R. M. ve Baez, R. J. (1984). A method for determining adequate resistance form of complete cast crown preparations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 52(3), 330–334. doi:10.1016/0022-3913(84)90437-2
- Wolfart, S., Eschbach, S., Scherrer, S. ve Kern, M. (2009). Clinical outcome of three-unit lithium-disilicate glass-ceramic fixed dental prostheses: Up to 8 years results. *Dental Materials*, 25(9). doi:10.1016/j.dental.2009.05.003
- Yang, X., Lv, P., Liu, Y., Si, W. ve Feng, H. (2015). Accuracy of digital impressions and fitness of single crowns based on digital impressions. *Materials*, 8(7), 3945–3957. doi:10.3390/ma8073945
- Yildirim, G., Uzun, I. H. ve Keles, A. (2017). Evaluation of marginal and internal adaptation of hybrid and nanoceramic systems with microcomputed tomography: An in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(2), 200–207. doi:10.1016/j.prosdent.2016.11.005
- Yilmaz, H. ve Aydin, M. N. (2019). Digital versus conventional impression method in children: Comfort, preference and time. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 29(6), 728–735. doi:10.1111/ipd.12566

EKLER



TEŞEKKÜR

Doktora eğitim sürecimde gerek hekimlik pratiği gerekse insanlıkla ilgili bana çok şey katan, yardımlarını asla benden esirgemeyen ve her konuda bana destek olup, bu çalışmanın kurgulanması noktasında ve bütün süreç boyunca değerli fikirleri ve bilimsel katkıları ile destek olan doktora danışmanım, saygıdeğer hocam Prof.Dr Muhittin TOMAN'a,

Öğrenimim boyunca benden bilgi ve tecrübelerine esirgemeyen, mesleki ve bilimsel olarak bana her zaman destek olan, bu çalışmanın kurgulanması ve yürütülmesinde her zaman yol gösteren ve tez izleme komitemde yer alan değerli öğretim üyesi Prof.Dr Suna TOKSAVUL'a,

Doktora eğitimim boyunca gerek hekimlik gerek insanlık adına kendilerinden çok şey öğrendiğim tüm Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı öğretim üyelerine, ayrıca tez izleme jürimde yer alan değerli öğretim üyesi Doç.Dr Mehmet SARIKANAT'a,

Bu çalışmanın neticelendirmesi noktasında büyük öneme sahip istatistiksel analizlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen değerli öğretim üyesi Doç.Dr Timur KÖSE'ye,

Ayrıca gerek hekimlik gerek insanlık adına kendilerinden çok şey öğrendiğim ve bu çalışmanın kurgulanması sürecinde bilimsel düşünme ve araştırma noktasındaki gelişimimde ilk tohumları atmamda bana yardımcı olan tüm Başkent Üniversitesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı öğretim üyelerine,

Çalışmamdaki örneklerin hazırlanmasında yardımcı olan Dental Labor yönetici ve çalışanlarına,

Herşeyden çok değer verdiğim; hayatım boyunca bana inanan ve beni destekleyip sevgi ve özveri ile yetiştiren aileme

en içten dileklerle teşekkür ederim.

İzmir 2021

Diş Hekimi Mehmet Uğur TÜRKYILMAZ

ÖZGEÇMİŞ

2010-2015 Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Lisans Eğitimi

2015-2016 Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi
Anabilim Dalı Doktora Programı

2016-2021 Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi
Anabilim Dalı Doktora Programı

