

Farklı Dijital Tarayıcılar ile Elde Edilen Ölçülerden CAD-CAM Sistemi ile Hazırlanan Zirkonya ile Güçlendirilmiş Lityum Silikat Kuronların Marjinal ve İnternal Aralıklarının Değerlendirilmesi: İn Vitro Bir Çalışma

Evaluation of Marginal and Internal Gap of Zirconia Reinforced Lithium Silicate Crowns Fabricated by CAD-CAM System from Measurements Obtained with Different Digital Scanners: An In Vitro Study

^{id} Zahide AYDIN^a, ^{id} Nuran YANIKOĞLU^a

^aAtatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi ABD, Erzurum, Türkiye

ÖZET Amaç: Bu *in vitro* çalışmada, farklı tarayıcı sistemler kullanılarak alınan ölçülerden, bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim [computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM)] yöntemi kullanılarak elde edilen zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat kuronların marjinal ve internal aralık değerlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Fantom çene üzerinde maksiller sağ 1. premolar dişin preparasyonu yapıldı. Restorasyonun üretilebilmesi için gerekli ölçüler, 3 farklı direkt dijital tarayıcı (Primescan, Trios 4, iTero Element 2) ve 1 adet indirekt dijital tarayıcı (Ceramill MAP400) ile elde edildi (4 grup, n=12). Restorasyonlar, zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat bloklardan 5 akslı freze ünitesi ile üretildi. Marjinal aralık ve internal aralık değerleri, silikon replika yöntemi ile x10 büyütme ışık mikroskobu altında ölçüldü. Üç ve üzeri gruplara göre normal dağılmayan uyum değerlerinin karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis; 2'li gruplara göre normal dağılmayan verilerin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi kullanıldı. (p<0,05). **Bulgular:** Direkt yöntem, indirekt yöntemle göre istatistiksel olarak daha düşük marjinal ve internal aralık değeri gösterdi (p<0,05). Ağız içi tarayıcılar arasında, marjinal ve internal aralık değeri bakımından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık olduğu saptandı (p<0,05). En düşük uç aralık değeri Trios 4 (73,4±27,8 µm) ağız içi tarayıcısında kaydedildi. En düşük internal aralık değeri iTero Element 2 (81,6±36,8 µm) ağız içi tarayıcısında elde edildi. **Sonuç:** İnteraoral dijital tarayıcılar kullanılarak, CAD-CAM yöntemiyle üretilen kuron restorasyonlardan klinik olarak kabul edilebilir marjinal ve internal aralık değeri elde edilmiştir (<90 µm). Ağız içi ve ağız dışı dijital tarayıcılardan elde edilen kuron restorasyonların, marjinal ve internal aralık değeri istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık göstermiştir (p<0,05).

ABSTRACT Objective: In this *in vitro* study, it was aimed to compare the marginal and internal gap values of zirconia reinforced lithium silicate crowns fabricated using the computer-aided design/computer-aided manufacturing method from the measurements taken using different scanning systems. **Material and Methods:** The maxillary right 1st premolar tooth was prepared on the phantom jaw. The necessary impression for the restoration were obtained with 3 different direct digital scanners (Primescan, Trios 4, iTero Element 2) and 1 indirect digital scanner (Ceramill MAP400) (4 groups, n=12). The restorations were fabricated from lithium silicate blocks reinforced with zirconia with a 5-axis milling unit. Marginal gap and internal gap values were measured using the silicon replica method under a light microscope with x10 magnification. In the comparison of non-normally distributed fit values for groups of 3 or more, Kruskal-Wallis; Mann-Whitney U test was used to compare data that were not normally distributed according to paired groups (p<0.05). **Results:** The direct method showed statistically lower marginal and internal gap values than the indirect method (p<0.05). A statistically significant difference was found between the intraoral scanners in terms of marginal and internal gap values (p<0.05). The lowest marginal gap value was recorded in the Trios 4 (73.4±27.8 µm) intraoral scanner. The lowest internal gap value was obtained with the iTero Element 2 (81.6±36.8 µm) intraoral scanner. **Conclusion:** Clinically acceptable marginal and internal gap values were fabricated from crown restorations produced by CAD-CAM method using intraoral digital scanner (<90 µm). The marginal and internal gap values of the crown restorations obtained from intraoral and extraoral digital scanners differed statistically significantly (p<0.05).

Anahtar Kelimeler: CAD-CAM; internal aralık; marjinal aralık; zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat

Keywords: CAD-CAM; internal gap; marginal gap; lithium silicate reinforced with zirconia

Correspondence: Zahide AYDIN

Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi ABD, Erzurum, Türkiye

E-mail: dt.zahideaydin@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

Received: 08 Sep 2021

Received in revised form: 05 Jan 2022

Accepted: 11 Jan 2022

Available online: 24 Jan 2022

2146-8966 / Copyright © 2022 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Diş hekimliği pratiğinde üretilen protezlerin hastanın doğal dokuları ile uyum sergilemesi, hem dişlerin hem de çevre dokuların sağlıklı devamlılığı açısından son derece önem arz etmektedir. Internal uyum yapılacak restorasyonun mekanik özelliklerinin devamlılığı, uzun dönem kullanılması, retansiyonu ve kuron oturması açısından önemli iken, marjinal uyum ise restorasyonun çevre diş eti dokularıyla sağlıklı birlikteliği açısından önem arz etmektedir.¹ Ayrıca marjinal uyumu iyi olmayan restorasyonlarda siman çözülmesi ve buna bağlı çürük oluşumundan söz edilmektedir.^{1,2} Geleneksel yöntemle üretilen restorasyon; ölçü materyalindeki boyutsal değişiklikler, düşük yırtılma dayanımı, marjinlerin tam olarak aktarılamaması, hava kabarcığı kalma riski, üretim aşamasında laboratuvar da meydana gelen aksaklıklar gibi çeşitli durumlardan da etkilenmektedir.^{3,4}

Ayrıca geleneksel yöntemle ölçü alınırken, ölçü materyalinin sertleşme süresi boyunca hasta ağızında hareketsiz tutulması işlem süresini uzatmakta, ayrıca bulantı refleksi olan hastalarda ölçü işlemi olumsuz etkilenmektedir. Bu ve benzer sıkıntılar, araştırmacıları daha kolay, daha hızlı ve daha doğru sonuç veren ölçü yöntemleri bulmaya yönlendirmiştir. Bu yönelim, diş hekimliğinde dijital ölçü dönemini başlatmıştır.^{3,4}

Tarayıcı sistemler ve dijital ölçü yöntemleri ile beraber bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim [computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM)] sistemlerinin birçok avantajı söz konusudur. Bunlar; ölçü işlemi için ölçü maddesi ve ölçü kaşığına gereksinim duyulmaması, laboratuvarla iletişimin hızlanması, kolay tekrarlanabilirlik, hasta başında üretim yapılabilmesi, ölçüde istenilen bölgenin çıkarılıp ilave edilebilmesi, ölçülerin geleneksel yöntemle göre daha hızlı alınması, model deformasyonu gibi risklerin ortadan kalkması, hasta konforunu artması gibi avantajlardır.⁵ Bu sistemlerde restorasyon kalınlığı ve siman aralığı istenen değerlerde üretilebiliyorken, gelişmiş marjinal uyum sağladıkları da yapılan çalışmalarla gösterilmiştir.⁵

CAD-CAM sistemleri, sahip oldukları çok sayıda avantajla birlikte yapılacak restorasyonun adaptasyonu bazı faktörlerden etkilenmektedir. Bu faktörler; ağız içi tarayıcı kameranın çözünürlüğü,

freze ünitesinin hassasiyeti, doğruluğu, yazılım tasarımı, CAD-CAM teknolojisiyle freze edilen materyallerin özellikleridir.⁶⁻⁸

CAD-CAM sistemleri, hekime direkt ve indirekt ölçü yöntemi imkânı sunmaktadır. Direkt ölçüde, hastadan ağız içi kameralarla tarama yapıp freze ünitesinde üretim yapılırken; indirekt ölçüde, hastadan alınan konvansiyonel ölçüden elde edilen alçı modelin ağız dışı tarayıcı ile taranıp freze ünitesinde üretilmesi söz konusudur.⁶

Bu *in vitro* çalışmada, 3 farklı ağız içi ve 1 masaüstü tarayıcıyla elde edilen ölçülerden, aynı freze cihazı ile üretilen zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat [zirconia-reinforced lithium silicate (ZLS)] kuronların marjinal ve internal aralıklarının değerlendirilmesi, dijital direkt ve indirekt ölçü yönteminin internal ve marjinal aralığa etkisinin karşılaştırılması amaçlandı.

Çalışmanın 1. hipotezi; direkt yöntemle elde edilen (Primescan; Sirona Dental System, GmbH, Bensheim, Almanya, Trios; 3 Shape, Kopenhag, Danimarka ve iTero; Cadent Inc, Carlstadt, ABD) dijital ölçü gruplarının marjinal ve internal aralık değerlerinin indirekt yöntemle (Ceramill MAP 400, Amann Girschbacher, Koblach, Avusturya) elde edilen dijital ölçü gruplarının marjinal ve internal aralık değerleriyle benzer olacağı yönündedir.

İkinci hipotez ise Primescan, Trios ve iTero ağız içi tarayıcı kullanılarak alınan ölçülerden, CAD-CAM yöntemiyle üretilen ZLS kuronların marjinal ve internal aralık değerlerinin birbirinden farklı olacağı şeklindedir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Diş kesimi, 1 mm iç açısı yuvarlatılmış shoulder kenar bitimi, 1,5 mm-2 mm arası okluzal preparasyon ve 10-22° koniklik açısı olacak şekilde fantom çene (ANA 4; Frasco) maksiller sağ 1. premolar diş üzerinde elmas frezler kullanılarak tek bir operatör tarafından sağlandı (Resim 1).

Masaüstü tarayıcıyla elde edilecek ölçüler için kullanılacak alçı modeller, kişisel kaşık kullanılarak elde edildi. Hazırlanan kişisel ölçü kaşıkları kullanılarak, çift fazlı tek aşama ölçü yöntemiyle 12 adet



RESİM 1: Akrilik esaslı prefabrike plastik üst çene ve prepare edilmiş maksiller sağ 1. premolar diş.

konvansiyonel ölçü elde edildi. Özel ölçü kaşığı içerisine yoğun kıvamlı silikon ölçü maddesi putty polivinilsiloksan (Elite HD; Zhermack, Badia Polesine, İtalya) yerleştirildi. Sertleşme gerçekleşikten sonra ana modelden ayrılan ölçülerin içerisine titreşim altında Tip IV sert alçı (Elite Rock, Zhermack, Rovigo, İtalya) dökülerek alçıların sertleşmesi beklenildi. Alçı modeller ölçü kaşığından ayrılarak trimlenip 12 adet daylı pinli model elde edildi ve laboratuvar tarayıcısı ile taranacak duruma getirildi.

ÇALIŞMA GRUPLARININ OLUŞTURULMASI

Ana modelden direkt olarak 3 farklı ağız içi tarayıcı ile indirekt olarak 1 adet masaüstü laboratuvar tarayıcısı ile dijital ölçü alınarak, marjinal ve internal uyumun değerlendirilmesi için 4 grup oluşturuldu. Kullanılan tarayıcıların bilgileri, materyal çeşidi ve örnek sayısı aşağıdaki tabloda gösterildi (4 grup, n=12) (Tablo 1).

DİJİTAL ÖLÇÜLERİN ALINMASI

Ana model, üst çene Primescan, Trios 4, iTero Element 2 ağız içi tarayıcıları kullanılarak, her firmanın kendi tarama stratejisi tavsiyesi altında tarandıktan sonra alt çene ve kapanış taraması gerçekleştirildi. On iki adet tarama işlemi bu sıra takip edilerek gerçekleştirildi ve dijital ölçü verileri .stl formatında kaydedilerek laboratuvara gönderildi (Resim 2).

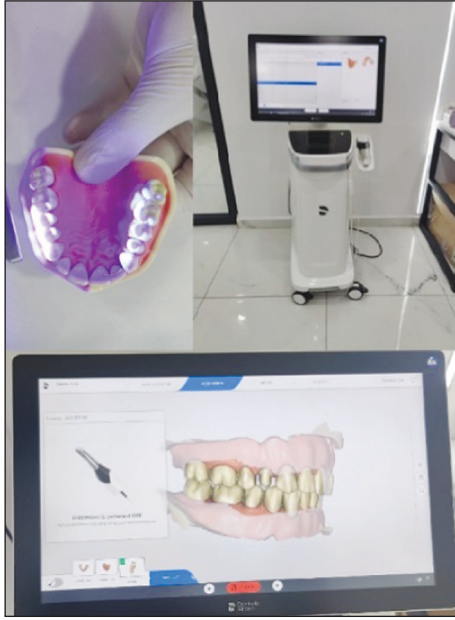
Konvansiyonel ölçü alınarak elde edilen pinli alçı modellerin taraması, Ceramill MAP 400 (Amann Girschbach, Koblach, Avusturya) masaüstü tarayıcısı ile dijitalize edildi. İki eksenli hareket eden tarayıcının içine önce üst çene modeli yerleştirildi (Resim 3).

Yazılımın yönlendirdiği şekilde segmentler birbirinden ayrıldı ve preparasyon yapılan diş ayrı olarak tarandı. Alt çene ve kapanış taramalarının ardından, 12 adet taramaya ait dijital ölçü verileri .stl formatında kaydedilerek laboratuvara gönderildi (Resim 4).

Restorasyon tasarım programı (Exocad; GmbH, Darmstadt, Almanya) ile preparasyonu yapılmış olan day üzerinde, siman aralığı 50 µm olan kuron restorasyonları tasarlandı.⁹ Freze edilirken restorasyonun blok içerisinde yer alacağı konum sanal olarak ayarlandıktan sonra 5 akslı kazıma ünitesine Ceramill Motion 2 (Amann Girschbach, Koblach, Avusturya) ZLS (Vita Suprinity; Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) bloklar yerleştirildi ve kazıma komutu gönderildi. Kırk sekiz adet kuron restorasyonunun 850°C'de 8 dk sinterizasyon işleminin ardından bitirme işlemi yapıldı.

TABLO 1: Kullanılan tarayıcıların bilgileri, materyal çeşidi ve örnek sayısı.

Yöntem	Tarayıcı sistem	n	Blok materyali	Freze ünitesi
Ağız içi tarayıcı	CEREC, Primescan (Sirona Dental System, GmbH, Bensheim, Almanya)	112	VITA Suprinity (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya)	
	3 SHAPE, Trios 4 (3 Shape, Kopenhag, Danimarka)	112	VITA Suprinity (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya)	AMANN GIRRBACH, Ceramill Motion 2
	CADENT, iTero (Cadent Inc, San Jose, Calif)	112	VITA Suprinity (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya)	(Amann Girschbach, Koblach, Avusturya)
Masaüstü tarayıcı	AMANN GIRRBACH, Ceramill MAP400 (Amann Girschbach, Koblach, Avusturya)	112	VITA Suprinity (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya)	



RESİM 2: Ana modelden (fantom çene) ağız içi tarayıcı ile dijital ölçülerin elde edilmesi.



RESİM 3: Tip IV alçı modellerden masaüstü ile dijital ölçünün elde edilmesi.

SİLİKON REPLİKA TEKNİĞİ

Elde edilen 48 adet tam seramik restorasyonun, marjinal ve internal aralığın değerlendirilmesinde silikon replika tekniği tercih edildi. Bu amaçla, akıcı ve yoğun kıvamlı silikon ölçü maddeleri kullanıldı. Elde edilen 48 adet silikon dublikasyon 4 parça olacak şe-

kilde keskin bir bisturi (no: 11) ile bölündü (**Resim 5, Resim 6**).

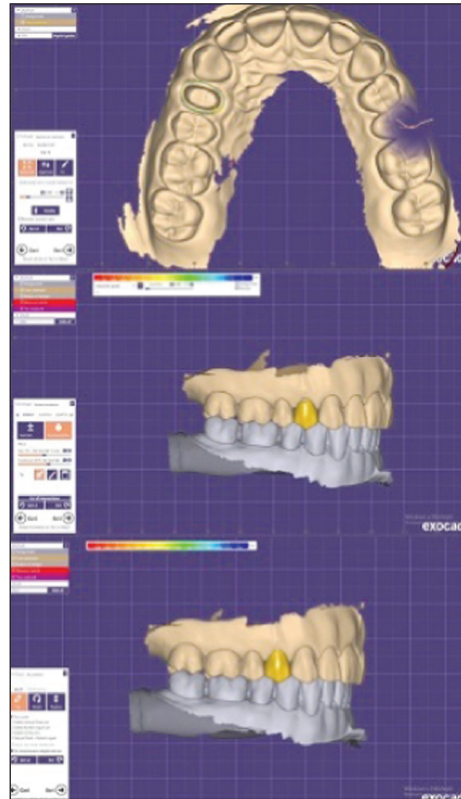
ÖLÇÜMLER

Elde edilen 48 adet silikon replikanın görüntüleri, x10 büyütme ışık mikroskobu ZEISS Axio Scope A1 (Carl Zeiss, Jena, Almanya) ve entegre fotoğraf makinesi AxioCam (Carl Zeiss, Jena, Almanya) ile alındı. Görüntüler, mikroskoba bağlı bilgisayara direkt olarak aktarıldı ve Axiovision Zeiss Software (Carl Zeiss, Jena, Almanya) üzerinde ölçümler yapıldı (**Resim 7**).

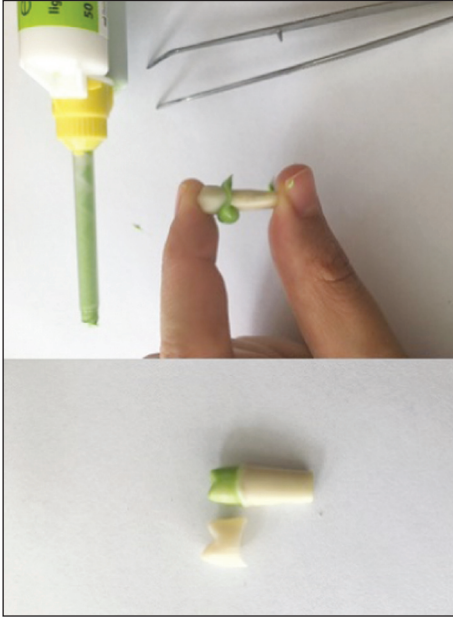
Ölçümlerin yapılacağı marjinal aralık ve internal aralık noktalarında, Abbate ve ark. ile Holmes ve ark.nın referansları kullanılmıştır.^{10,11}

Bir kuron restorasyonuna ait yapılan marjinal aralık ölçümlerinde, her yüzeyden (mesiyal, distal, bukkal, lingual) 3 nokta belirlenerek, 4 grubun tüm örneklerinin marjinal aralık ölçümlerinde toplam 576 adet noktanın sayısal değeri kaydedildi.

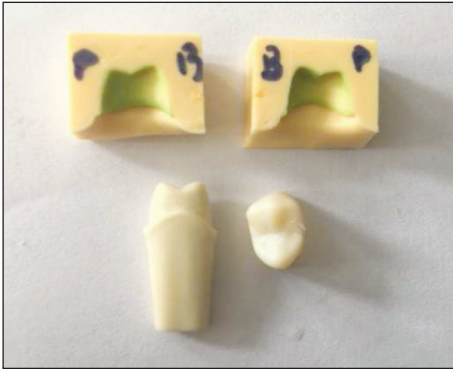
Bir kuron restorasyonuna ait yapılan internal aralık ölçümlerinde, her yüzeyden (mesiyal, distal, bukkal, lingual ve okluzal) 5 nokta belirlenerek, 4



RESİM 4: Exocad programıyla .stl dosyalarda restorasyon tasarımının yapılması.



RESİM 5: Silikon replika örneklerin hazırlanması.



RESİM 6: Bukkal, palatinal ve okluzal ölçümlerin yapıldığı 1. kesit.

grubun tüm örneklerinin internal aralık ölçümlerinde toplam 1.200 adet noktanın sayısal değeri kaydedildi.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Veriler, V23 (IBM SPSS Statistics, Armonk, NY, ABD) ile analiz edildi. Normal dağılımı uygunluk Kolmogorov-Smirnov testi ile incelendi. Üç ve üzeri gruplara göre normal dağılmayan uyum değerlerinin karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis testi kullanıldı. İkili gruplara göre normal dağılmayan verilerin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi kullanıldı. Analiz sonuçları, nicel veriler için ortalama±standart sapma ve ortanca (minimum-maksimum) olarak sunuldu. Önem düzeyi $p<0,050$ olarak alındı.

BULGULAR

İTERNAL ARALIK DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Tarayıcılara göre duvar ayrımı yapmaksızın ortalama internal aralık ölçümlerinin dağılımında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). Farklılığı yaratan gruba saptamak için yapılan 2'li değerlendirmelere göre Ceramill ($98,2\pm44,5$ mm) grubu, iTero ($81,6\pm36,8$ mm) ve Primescan ($88,5\pm39,0$ mm) grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0,05$). Trios grubu ($88,7\pm33,1$ mm), iTero grubundan anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0,05$) (Tablo 2).

Yöntemlere göre duvar ayrımı yapmaksızın internal aralık değerlerinin dağılımları anlamlı farklılık göstermektedir ($p<0,05$). Duvar ayrımı yapmaksızın indirekt yöntem ($98,2\pm44,5$ mm), direkt yöntem ($86,3\pm36,5$ mm) göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0,05$) (Tablo 3).

MARJİNAL ARALIK DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Tarayıcılara göre duvar ayrımı yapmaksızın ortalama marjinal uyum değerlerinin dağılımında anlamlı dü-



RESİM 7: Marjinal aralığa ait ölçümlerin ışık mikroskobu altında yapılması.

TABLO 2: Tarayıcılara göre farklı duvarlardaki internal aralık değerlerinin karşılaştırılması (μm).

(μm)	Ceramill	Trios	İtero	Primescan	p ¹
	Ortalama \pm SS Medyan (minimum-maksimum)	Ortalama \pm SS Medyan (minimum-maksimum)	Ortalama \pm SS Medyan (minimum-maksimum)	Ortalama \pm SS Medyan (minimum-maksimum)	
Bukkal	76,5 \pm 43,1 57,5 (24,1-164,7) ^a	94,8 \pm 36,6 93,0 (27,9-167,5) ^b	98,0 \pm 38,1 83,7 (37,1-178,4) ^b	85,8 \pm 34,2 84,7 (25,4-171,0) ^{ab}	p<0,05
Palatinal	100,2 \pm 51,1 107,8 (20,9-202,6) ^b	96,8 \pm 32,4 91,7 (44,9-195,9) ^b	72,2 \pm 32,2 65,8 (16,6-161,6) ^a	88,9 \pm 47,4 82,0 (15,3-232,4) ^{ab}	p<0,05
Okluzal	108,3 \pm 39,7 111,0 (31,0-203,3) ^c	75,3 \pm 35,1 75,7 (12,7-140,5) ^{ab}	63,8 \pm 27,4 61,6 (13,6-115,6) ^a	87,9 \pm 45,1 79,9 (13,7-227,6) ^b	p<0,05
Mesiyal	94,8 \pm 37,8 78,9 (41,1-167,8)	96,2 \pm 27,4 98,9 (55,9-156,3)	87,2 \pm 39,9 78,6 (36,3-163,0)	95,5 \pm 32,4 108,2 (25,0-148,4)	p>0,05
Distal	111,2 \pm 42,3 123,9 (35,7-204,2) ^b	80,6 \pm 27,8 78,3 (24,2-132,9) ^a	87,1 \pm 35,8 92,1 (23,1-138,8) ^a	84,5 \pm 33,8 75,6 (27,8-158,1) ^a	p<0,05
Toplam (μm)	98,2 \pm 44,5 95,9 (20,9-204,2) ^c	88,7 \pm 33,1 90,4 (12,7-195,9) ^{b,c}	81,6 \pm 36,8 75,5 (13,6-178,4) ^a	88,5 \pm 39,0 84,0 (13,7-232,4) ^{ab}	p<0,05

SS: Standart sapma; ¹Kruskal-Wallis testi; ^{a-c}Aynı harfe sahip tarayıcılar arasında fark yoktur; ortalama \pm SS; ortanca (minimum-maksimum).

TABLO 3: Yöntemlere göre internal aralık değerlerinin karşılaştırılması (μm).

(μm)	İndirekt yöntem	Direkt yöntem	p ¹
Bukkal	76,5 \pm 43,1 57,5 (24,1-164,7)	92,8 \pm 36,5 91,4 (25,4-178,4)	p<0,05
Palatinal	100,2 \pm 51,1 107,8 (20,9-202,6)	85,9 \pm 39,2 81,3 (15,3-232,4)	p>0,05
Okluzal	108,3 \pm 39,7 111,0 (31,0-203,3)	75,7 \pm 37,7 71,1 (12,7-227,6)	p<0,05
Mesiyal	94,8 \pm 37,8 78,9 (41,1-167,8)	93,0 \pm 33,7 94,9 (25,0-163,0)	p>0,05
Distal	111,2 \pm 42,3 123,9 (35,7-204,2)	84,1 \pm 32,6 80,1 (23,1-158,1)	p<0,05
Toplam (μm)	98,2 \pm 44,5 95,9 (20,9-204,2)	86,3 \pm 36,5 83,0 (12,7-232,4)	p<0,05

¹Mann-Whitney U testi; ortalama \pm SS; ortanca (minimum-maksimum); SS: Standart sapma.

zeyde farklılık bulundu ($p<0,05$). Farklılığı yaratan grubu bulabilmek için yapılan 2'li değerlendirmelere göre Ceramill grubu (110,9 \pm 34,7 mm), Trios (73,4 \pm 27,8 mm), İtero (75,6 \pm 26,3 mm) ve Primescan'e (92,3 \pm 3,3 mm) göre anlamlı düzeyde daha yüksek bulundu. Trios grubu Primescan'e göre anlamlı düzeyde daha düşük bulundu ($p<0,05$) (Tablo 4).

Yöntemlere göre duvar ayırımı yapmaksızın, ortalama marjinal aralık değerlerinin dağılımları anlamlı farklılık gösterdi ($p<0,05$). İndirekt yöntem (110,9 \pm 34,7 mm), direkt yöntem (80,5 \pm 38,7 mm) göre anlamlı düzeyde daha yüksek bulundu ($p<0,05$) (Tablo 5).

TARTIŞMA

Günümüzde hâlâ maksimum marjinal aralık değeri için fikir birliği yoktur. Bu durum, çalışmalarda aralık değeri ölçüm metodundaki farklılıklar dolayısıyla olabilir. Standardizasyonun henüz sağlanamaması, çalışmalar arasında karşılaştırma yapmayı da zorlaştırmaktadır. Simante edilmiş restorasyonlarda 25-40 mm marjinal aralık değerinin sağlanmaya çalışılması, teorik olarak tavsiye edilse de klinik olarak bunun sağlanması oldukça nadirdir.¹² Altmış ile 120 μm arasında değişen marjinal aralık değerinin klinik olarak kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir.¹³⁻¹⁵ CAD/CAM,

TABLO 4: Tarayıcılara göre farklı duvarlardaki marjinal aralık değerlerinin karşılaştırılması (μm).

μm	Ceramill	Trios	İtero	Primescan	p ¹
	Ortalama \pm SS Medyan (minimum-maksimum)	Ortalama \pm SS Medyan (minimum-maksimum)	Ortalama \pm SS Medyan (minimum-maksimum)	Ortalama \pm SS Medyan (minimum-maksimum)	
Bukkal	133,5 \pm 35,0 1401 (742-2171) ^b	96,9 \pm 21,4 96,8 (55,5-144,9) ^a	96,3 \pm 26,8 92,4 (47,6-152,0) ^a	107,1 \pm 53,8 98,6 (23,8-287,0) ^a	p<0,05
Palatinal	104,8 \pm 34,3 100,7 (50,0-177,4) ^c	69,3 \pm 21,2 66,2 (40,1-125,5) ^{a,b}	62,8 \pm 17,6 65,6 (22,5-103,0) ^b	91,1 \pm 42,2 81,2 (43,7-205,7) ^{a,c}	p<0,05
Mesiyal	104,6 \pm 28,4 105,7 (61,3-180,2) ^b	54,2 \pm 22,1 47,2 (23,6-101,5) ^a	66,3 \pm 24,9 62,4 (25,6-136,7) ^a	67,2 \pm 38,3 66,9 (10,9-152,0) ^a	p<0,05
Distal	100,7 \pm 31,6 98,5 (49,5-182,1) ^b	73,3 \pm 28,2 65,1 (34,6-156,7) ^a	77,1 \pm 21,7 81,7 (31,1-115,3) ^a	103,9 \pm 66,6 78,0 (18,2-264,8) ^{a,b}	p<0,05
Toplam (μm)	110,9 \pm 34,7 105,2 (49,5-217,1) ^c	73,4 \pm 27,8 70,6 (23,6-156,7) ^a	75,6 \pm 26,3 73,4 (22,5-152,0) ^{a,b}	92,3 \pm 53,3 81,6 (10,9-287,0) ^b	p<0,05

SS: Standart sapma; ¹Kruskal-Wallis testi; ^{a-c}Aynı harfe sahip tarayıcılar arasında fark yoktur; ortalama \pm SS; ortanca (minimum-maksimum).

TABLO 5: Yöntemlere göre marjinal aralık değerlerinin karşılaştırılması (μm).

μm	İndirekt yöntem	Direkt yöntem	p ¹
Bukkal	133,5 \pm 35,0 140,1 (74,2-217,1)	100,1 \pm 36,8 96,4 (23,8-287,0)	p<0,05
Palatinal	104,8 \pm 34,3 100,7 (50,0-177,4)	74,4 \pm 31,3 69,1 (22,5-205,7)	p<0,05
Mesiyal	104,6 \pm 28,4 105,7 (61,3-180,2)	62,6 \pm 29,6 56,1 (10,9-152,0)	p<0,05
Distal	100,7 \pm 31,6 98,5 (49,5-182,1)	84,8 \pm 45,3 77,0 (18,2-264,8)	p<0,05
Toplam (μm)	110,9 \pm 34,7 105,2 (49,5-217,1)	80,5 \pm 38,7 75,3 (10,9-287,0)	p<0,05

¹Mann-Whitney U testi; ortalama \pm SS; ortanca (minimum-maksimum); SS: Standart sapma.

tam seramik kronlar için kabul edilebilir marjinal boşluğun 90 μm 'den az olduğu bildirilmektedir.^{16,17} Farklı CAD-CAM sistemlerinin marjinal ve internal aralık değerlerini karşılaştıran bir derleme çalışmasında, tek kuron restorasyonlar için vertikal marjinal aralık değeri 30 mm ile 105 mm aralığında, internal aralık değeri 51 mm ile 442 mm aralığında rapor edilmiştir.¹⁸ 2019 yılında yapılan başka bir derleme çalışmasında, intraoral tarayıcılar (İOT) ve ekstraoral tarayıcılar (EOT) kullanılarak yapılan çalışmaların marjinal aralık değerinin sırasıyla 16-80 mm ile 19-112 mm aralığında olduğundan bahsedilmiştir.¹⁹ Bu açıdan, mevcut çalışmanın sonuçları önceki çalışmaların rapor ettiği değerler arasında yer almaktadır.

Marjinal uyum değerlendirmesini yapmak için araştırmacılar tarafından farklı ölçüm metotları kul-

lanılmasına karşın hiçbirinin kesin bir yöntem olmadığı belirtilmiştir.²⁰ Direkt mikroskopik yöntem, marjinal aralığın ölçülmesinde kullanılırken, ölçüm referans noktalarının belirlenmesi ve projeksiyon hataları oluşabilmesi gibi dezavantajlara sahiptir.²⁰ Uzun zamandır restorasyonların uyum değerlendirmesinde kullanılan taramalı elektron mikroskobu analizi ve kesitsel ışık mikroskopisi; zaman alıcı olması, veri kaybı oluşabilmesi, örneklerin tekrar kullanılmasına izin vermemesi, sınırlı sayıda örnek üzerinde kullanılabilmesi gibi sebepler nedeniyle destrüktif yöntem olarak bildirilmektedir.²¹ Diğer yöntemlere göre daha güvenilir ve doğru sonuçlar sunan micro ct ile ölçme yönteminde ise radyasyon artefaktı ve bozulmalar oluşabilmektedir.²² Bununla birlikte bu ölçüm yönteminin pahalılığı, zaman alıcı olması, bilgi yorumlamanın kolay olmaması, teknik bilgi ve

tecrübe gerektirmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Laurent ve ark.nın çalışmalarında vurguladığı gibi “silikon replika tekniği” sadece marjinal aralığın değil, internal aralığın da ölçülmesine olanak tanımaktadır.²³ Rahme ve ark.nın çalışmalarının sonuçlarına göre silikon replika tekniğinin kesitsel analiz tekniği gibi doğru ve güvenilir bir teknik olduğu, ayrıca siman film kalınlığı ölçümünü tam olarak desteklediği rapor edilmiştir.²⁴ Bu çalışma da hızlı, güvenilir ve ucuz olması gibi avantajlara sahip olması nedeniyle “silikon replika” metodu kullanılarak ışık mikroskobu altında aralık ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Sabit protezlerde marjinal aralık ölçüm, çalışmalarda kullanılan örnek sayısının azlığının, yapılan ölçüm sayısı ile kompanse edilebileceğini belirten Groten ve ark., örnek sayısı başına 50-60 ölçümün yeterli olabileceğini belirtmişlerdir.²⁵ Yapılan güncel uyum çalışmalarında, eşit mesafelerde 16, 18, 21, 36 nokta alındığı görülmüştür.^{23,24,26,27} Nawafleh ve ark.nın yaptığı derleme çalışmasında, marjinal uyum çalışmalarında 4-12 nokta sayısının yetersiz olabileceği, en az 20-25 nokta alınması gerektiğinden bahsedilmiştir.²⁸ Mevcut çalışmada, yapılan ölçümlerde marjinal aralık değeri için yaklaşık olarak eşit mesafelerde 12, internal aralık değeri için 25 toplam 37 ölçüm nokta sayısı kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre standart sapma değerlerinin yüksek elde edilmesinin, marjinal uyum ölçümlerinde kullanılan ölçüm nokta sayısının azlığı ile ilgili olabileceği düşünülmüştür.

Bu çalışmada, Trios ağız içi tarayıcısı kullanılarak üretilen ZLS kuron restorasyonlardan en düşük marjinal aralık değeri elde edilirken, Primescan ve iTero tarayıcıları kullanılarak üretilen kuron restorasyonlar istatistiksel olarak benzer marjinal aralık değeri gösterdi. Bununla birlikte, indirekt grup için direkt grup ile kıyaslandığında daha büyük marjinal ve internal aralık değeri bulundu. Bu durumda 1. hipotez reddedilirken, 2. hipotez kısmen kabul edildi. Direkt dijital ölçü gruplarından elde edilen restorasyonların marjinal aralık değeri, klinik olarak kabul edilebilir değer içerisinde yer aldı (<90 mm).

Pedroche ve ark., 1 direkt (Trios) ve 2 indirekt (alçı tarama-ölçü tarama) dijital ölçü yönteminin marjinal ve internal uyumda birbirine üstünlüğünü sili-

kon replika metodu ile değerlendirdikleri çalışmalarında, en yüksek marjinal aralık değeri alçı modelin EOT (87±31 mm) ile tarandığı grupta kaydedilirken, en düşük marjinal aralık değerinin IOT (59±14 mm) olarak kullanılan Trios 3 direkt dijitalizasyon grubunda kaydedildiği bildirilmiştir.²⁹ Alçı modelin EOT ile tarandığı grup, direkt dijital ölçü yöntemine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek marjinal aralık değeri göstermiştir. Bu çalışmada da benzer olarak, alçı modelin EOT (111±35 mm) ile tarandığı indirekt dijital ölçü grubu, direkt dijital ölçü grubuna (80±39 mm) göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek marjinal aralık değeri göstermiştir. Bu açıdan bakıldığında mevcut çalışma, bahsi geçen çalışmayı destekler niteliktedir.

Akhlaghian ve ark.nın yaptığı çalışmada bu çalışmaya benzer olarak, alçı modelin tarandığı grupta Trios tarayıcı grubuna göre daha büyük marjinal aralık değeri kaydedilmiştir.³⁰ İndirekt dijital ölçü grubunun direkt ölçü grubuna göre istatistiksel olarak daha büyük marjinal aralık değeri göstermesi, geleneksel ölçü iş akışının ölçü ve alçının doğruluğunu etkileyen bir dizi faktör ve teknik hassasiyet gerektiren fazla basamağa sahip olması olabilir. Bunun yanında PVS ölçü maddesinin %0,14-0,17 ve Tip IV alçının %0,5-0,06 arasında lineer kontraksiyona sahip olması da aralık değerini etkileyen sebeplerden olabilir.³¹

Trios 4 ağız içi tarayıcı “konfokal mikroskopi ve ultra hızlı optik kesit görüntüleme”, iTero Element 2 “paralel konfokal mikroskopi”, CEREC Primescan “Dinamik derin tarama-triangulasyon” prensibiyle çalışmaktadır.³² Direkt dijital tarama yöntemiyle üretilen restorasyonların uyumuna her tarayıcının kendine ait veri yakalama teknolojisinin de etki etmiş olabileceğini düşünmekteyiz. Ancak bu konuda mevcut literatür kısıtlıdır ve daha ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.³² Yakın zamanda yapılan bir çalışmada da bahsedildiği üzere, tescilli formattaki taramalar farklı bir CAD yazılımında kabul edilmek üzere .stl dosyasına dönüştürüldüğünde veri kaybının mevcut olduğu gösterilmiştir.³³ Çalışmada elde edilen sonuçlara göre Primescan tarayıcı, ağız içi tarayıcılar içerisinde en yüksek marjinal aralık değeri göstermiştir. Dosya formatındaki değişikliğin bu duruma sebep olmuş olabileceği düşünülmektedir.

Boitelle ve ark., farklı CAD-CAM sistemleri kullanmanın restorasyonun uyumu üzerinde etkisini değerlendirdikleri derleme çalışmalarında, CAD-CAM sistemlerinin kendilerine ait özelliklerin doğruluğu etkilediğinden bahsetmişlerdir.¹⁸ Shim ve ark., farklı parametre ayarlarının ve yazılım sürümlerinin CAD-CAM restorasyonların uyumunu etkilediğini bildirirse de Cho ve ark., dijitalizasyon, veri işleme ve üretim sürecinin uyumda etkili olduğunu, frezeleme eksen sayısının uyumu etkilemediğini bildirmişlerdir.^{34,35} Bosch ve ark.nın çalışmalarında, 5 eksenli freze ünitelerinin üretim sürecini olumlu etkileyerek daha hassas ve doğru restorasyonların elde edilmesini sağlayacağından bahsedilmiştir.³⁶ Bu nedenlerden ötürü mevcut çalışmada, tüm ağız içi tarayıcılarla uyumlu 5 eksenli frezeleme ünitesi (Aman Girrbach Motion 2) freze cihazı kullanılması tercih edilmiştir.

Seelbach ve ark.nın yaptığı *in vitro* çalışmada, 3 farklı ağız içi tarayıcının (Cerec Bluecam, Lava C.O.S., iTero) marjinal ve internal aralık değerleri istatistiksel olarak benzer değer göstermiştir.¹⁷ Bu çalışmada farklı olarak tam seramik sistemler (Lava zirkonya, Cera E, Empress CAD, Copran Zr-i), tarayıcıların yazılım güncellikleri ve freze cihazları kullanılmıştır. Bu farkların sonuçlara etki etmiş olabileceği düşünülmektedir.

Mevcut çalışmanın limitasyonu; aralık ölçümünde tercih edilen silikon replika metodu kesitsel 2 boyutlu ölçüm metodudur. İki boyutlu ölçümlerin limitasyonu, tek bir düzlemde noktadan noktaya olması gerekliliğidir ve çevresel alanların ölçümünde yetersiz kalabilmektedir.³⁷ Silikon replika tekniği kuronların marjin kenarının tanımlanmasında zorluk, silikon restorasyondan ayrılırken yırtılıp deforme olabilmesi ve hassas çalışma gerektirmesi gibi doğal kısıtlamaları mevcuttur. Ek olarak, alınan kesitler üzerinden yapılan ölçümler tahmin edilenin üzerinde değerler verebilmektedir.²⁸ Bu çalışmada, standardizasyon sağlanabilmesi ve ağız içi tarayıcıların çalışma mekanizmalarının karşılaştırılabilmesi için bütün tarayıcılardan elde edilen dosyalar .stl formatında elde edilmiştir ve aynı yazılım programında

aynı teknisyen tarafından tasarımları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ağız içi tarayıcıların veri yakalama mekanizmalarının ve tarayıcıya ait yazılımların marjinal aralık değerlerini etkileyebileceği fikrini desteklemektedir. Ancak bu konu daha ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

SONUÇ

Çalışmanın mevcut sonuçlarına göre direkt dijital ölçü tekniği ile elde edilen restorasyonların uyumu, indirekt dijital ölçü tekniği ile elde edilen restorasyonların uyumuna göre daha üstün elde edilmiştir. Günümüzün en önemli gündemi olan koronavirüs hastalığı-2019 pandemisi göz önüne alındığında, laboratuvar aşamalarını azaltıp çapraz kontaminasyon riskinin önüne geçen ve hasta konforunu olumlu yönde etkileyen direkt dijital diş hekimliğine kliniklerde daha çok yer verilmelidir. Ağız içi tarayıcılardan elde edilen kuron restorasyonlarda en üstün marjinal uyum Trios 4 ağız içi tarayıcıda elde edilmiştir.

Finansal Kaynak

Çalışmada kullanılan materyaller ve restorasyonların üretilmesi Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Biriminin desteklediği 2020/8609 no'lu proje desteği ile sağlanmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan Ceramill MAP 400 laboratuvar tarayıcısı, 2015/434 no.lu Atatürk Üniversitesi BAP Projesi desteğiyle alınmıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Nuran Yanıkoğlu; **Tasarım:** Zahide Aydın; **Denetleme/Danışmanlık:** Nuran Yanıkoğlu; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Zahide Aydın, Nuran Yanıkoğlu; **Analiz ve/veya Yorum:** Zahide Aydın; **Kaynak Taraması:** Zahide Aydın; **Makalenin Yazımı:** Nuran Yanıkoğlu; **Eleştirel İnceleme:** Nuran Yanıkoğlu; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Nuran Yanıkoğlu, Zahide Aydın; **Malzemeler:** Zahide Aydın.

KAYNAKLAR

1. Bader JD, Rozier RG, McFall Jr WT, Ramsey DL. Effect of crown margins on periodontal conditions in regularly attending patients. *J Prosthet Dent.* 1991;65(1):75-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
2. Anadioti E, Aquilino SA, Gratton DG, Holloway JA, Denry IL, Thomas GW, et al. Internal fit of pressed and computer-aided design/computer-aided manufacturing ceramic crowns made from digital and conventional impressions. *J Prosthet Dent.* 2015;113(4):304-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
3. Christensen GJ. Computerized restorative dentistry. State of the art. *J Am Dent Assoc.* 2001;132(9):1301-3. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
4. Mehl A, Hickel R. Current state of development and perspectives of machine-based production methods for dental restorations. *Int J Comput Dent.* 1999;2(1):9-35. [[PubMed](#)]
5. Samet N, Resheff B, Gelbard S, Stern N. A CAD/CAM system for the production of metal copings for porcelain-fused-to-metal restorations. *J Prosthet Dent.* 1995;73(5):457-63. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
6. Güth JF, Wallbach J, Stimmelmayer M, Gernet W, Beuer F, Edelhoff D. Computer-aided evaluation of preparations for CAD/CAM-fabricated all-ceramic crowns. *Clin Oral Investig.* 2013;17(5):1389-95. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
7. Logozzo S, Franceschini G, Kilpelä A, Caponi M, Governi L, Blois L. A comparative analysis of intraoral 3d digital scanners for restorative dentistry. *Internet J Med Technol.* 2011;5:1-12. [[Crossref](#)]
8. Rodriguez JM, Bartlett DW. The dimensional stability of impression materials and its effect on in vitro tooth wear studies. *Dent Mater.* 2011;27(3):253-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
9. Kale E, Seker E, Yilmaz B, Özcelik TB. Effect of cement space on the marginal fit of CAD-CAM-fabricated monolithic zirconia crowns. *J Prosthet Dent.* 2016;116(6):890-5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
10. Abbate MF, Tjan AH, Fox WM. Comparison of the marginal fit of various ceramic crown systems. *J Prosthet Dent.* 1989;61(5):527-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
11. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent.* 1989;62(4):405-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
12. American Dental Association. Guide to Dental Materials and Devices, ANSI/ADA Specification No. 8 for zinc phosphate cement. 5th ed. Chicago: American Dental Association; 1970-1971.
13. Abduo J, Lyons K, Swain M. Fit of zirconia fixed partial denture: a systematic review. *J Oral Rehabil.* 2010;37(11):866-76. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
14. Akbar JH, Petrie CS, Walker MP, Williams K, Eick JD. Marginal adaptation of Cerec 3 CAD/CAM composite crowns using two different finish line preparation designs. *J Prosthodont.* 2006;15(3):155-63. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
15. Akin A, Toksavul S, Toman M. Clinical marginal and internal adaptation of maxillary anterior single all-ceramic crowns and 2-year randomized controlled clinical trial. *J Prosthodont.* 2015;24(5):345-50. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
16. Ng J, Ruse D, Wyatt C. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *J Prosthet Dent.* 2014;112(3):555-60. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
17. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig.* 2013;17(7):1759-64. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
18. Boitelle P, Mawussi B, Tapie L, Fromentin O. A systematic review of CAD/CAM fit restoration evaluations. *J Oral Rehabil.* 2014;41(11):853-74. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
19. Memari Y, Mohajerfar M, Armin A, Kamalian F, Rezayani V, Beyabanaki E. Marginal adaptation of CAD/CAM all-ceramic crowns made by different impression methods: a literature review. *J Prosthodont.* 2019;28(2):e536-44. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
20. Contrepolis M, Soenen A, Bartala M, Laviole O. Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2013;110(6):447-54. e10. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
21. Raskin A, Tassery H, D'Hoore W, Gonthier S, Vreven J, Degrange M, et al. Influence of the number of sections on reliability of in vitro microleakage evaluations. *Am J Dent.* 2003;16(3):207-10. [[PubMed](#)]
22. Mously HA, Finkelman M, Zandparsa R, Hirayama H. Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat-press technique. *J Prosthet Dent.* 2014;112(2):249-56. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
23. Laurent M, Scheer P, Dejou J, Laborde G. Clinical evaluation of the marginal fit of cast crowns--validation of the silicone replica method. *J Oral Rehabil.* 2008;35(2):116-22. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
24. Rahme HY, Tehini GE, Adib SM, Ardo AS, Rifai KT. In vitro evaluation of the "replica technique" in the measurement of the fit of Procera crowns. *J Contemp Dent Pract.* 2008;9(2):25-32. [[PubMed](#)]
25. Groten M, Axmann D, Pröbster L, Weber H. Determination of the minimum number of marginal gap measurements required for practical in vitro testing. *J Prosthet Dent.* 2000;83(1):40-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Park JY, Bae SY, Lee JJ, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Evaluation of the marginal and internal gaps of three different dental prostheses: comparison of the silicone replica technique and three-dimensional superimposition analysis. *J Adv Prosthodont.* 2017;9(3):159-69. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
27. Majeed MA, Al-Adel SK. Evaluation of the marginal and internal fitness of full contour CAD/CAM crowns made from zirconia, lithium disilicate, zirconia-reinforced lithium silicate and hybrid dental ceramic by silicone replica technique (A comparative In vitro study). *Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation.* 2016;4:10-20. [[Link](#)]
28. Nawafleh NA, Mack F, Evans J, Mackay J, Hatamleh MM. Accuracy and reliability of methods to measure marginal adaptation of crowns and FDPs: a literature review. *J Prosthodont.* 2013;22(5):419-28. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
29. Pedroche LO, Bernardes SR, Leão MP, de Almeida Kintopp CC, Correr GM, Ornaghi BP, et al. Marginal and internal fit of zirconia copings obtained using different digital scanning methods. *Braz Oral Res.* 2016;30(1):e113. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
30. Akhlaghian M, Khaledi AA, Farzin M, Pardis S. Vertical marginal fit of zirconia copings fabricated with one direct and three indirect digital scanning techniques. *J Prosthet Dent.* 2021;126(3):421-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
31. Kenyon BJ, Hagge MS, Leknius C, Daniels WC, Weed ST. Dimensional accuracy of 7 die materials. *J Prosthodont.* 2005;14(1):25-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
32. Robles-Medina M, Romeo-Rubio M, Salido MP, Pradies G. Digital intraoral impression methods: an update on accuracy. *Current Oral Health Reports.* 2020;1-15. [[Crossref](#)]
33. Erozan Ç, Ozan O. Evaluation of the precision of different intraoral scanner-computer aided design (CAD) software combinations in digital dentistry. *Med Sci Monit.* 2020;26:e918529. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
34. Shim JS, Lee JS, Lee JY, Choi YJ, Shin SW, Ryu JJ. Effect of software version and parameter settings on the marginal and internal adaptation of crowns fabricated with the CAD/CAM system. *J Appl Oral Sci.* 2015;23(5):515-22. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
35. Cho H, Jun Y, Yang MY. Five-axis CNC milling for effective machining of sculptured surfaces. *The International Journal of Production Research.* 1993;31:2559-73. [[Crossref](#)]
36. Bosch G, Ender A, Mehl A. A 3-dimensional accuracy analysis of chairside CAD/CAM milling processes. *J Prosthet Dent.* 2014;112(6):1425-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
37. Zimmermann M, Valcanaia A, Neiva G, Mehl A, Fasbinder D. Digital evaluation of the fit of zirconia-reinforced lithium silicate crowns with a new three-dimensional approach. *Quintessence Int.* 2018;49(1):9-15. [[PubMed](#)]