

Farklı Yöntemlerle Üretilen Metal Destekli Porselen Restorasyonlarda Laboratuvar Aşamaları Sonrası Renk Farklılıklarının Karşılaştırılması

Comparison of Color Differences After Laboratory Stages in Metal-Reinforced Porcelain Restorations Produced with Different Methods

Cumhur KORKMAZ¹



¹ Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye



Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı, farklı altyapı üretim tekniklerinin kullanıldığı kobalt-krom (Co-Cr) alaşımlı metal destekli porselen restorasyonların, laboratuvar aşamaları sonrası oluşan renk farklılıklarının değerlendirilmesidir.

Yöntem: 45 adet kare şekilli Co-Cr alaşımı (10x10x1mm) örnek, döküm, milleme ve lazer sinterleme teknikleri ile üretildi (n=15). Tüm örnekler standart opak (0,1 mm), dentin porselen (1 mm) uygulandı ve glazelendi. Opak uygulama öncesi, opak uygulama sonrası ve porselen uygulama sonrası spektrofotometre ile renk ölçümleri yapıldı. L*, a*, b* değerleri elde edildi. Renk farklılıkları CIEDE2000 formülü ile hesaplandı.

Bulgular: Opak uygulama öncesi renk farklılık değerleri (ΔE_{00}), döküm ve milleme gruplarında algılanabilir eşik değerinin altında (<0.8), lazer sinterleme grubunda ise klinik olarak kabul edilebilir değerde bulunmuştur (<1.8). Opak uygulama sonrası renk farklılık değerleri, tüm gruplarda algılanabilir eşik değerinin altında (<0.8), porselen uygulama sonrasında renk farklılık değerleri; lazer sinterleme grubunda, kabul edilebilir sınırdan (<1.8), döküm ve milleme gruplarında ise kabul edilebilir sınırın üzerinde tespit edilmiştir.

Sonuç: Metal destekli porselen restorasyonlarda farklı altyapı üretim teknikleri, laboratuvar aşamaları sonrası renk farklılığına neden olmaktadır.

Anahtar kelimeler: Metal seramik restorasyonlar, Kobalt krom, Spektrofotometre, Diş protez tasarımı

ABSTRACT

Objective: This study aimed to evaluate the color differences that occur after laboratory stages of cobalt-chromium (Co-Cr) alloy porcelain-fused-to-metal restorations using different framework production techniques.

Methods: 45 square shaped Co-Cr alloys (10x10x1mm) specimens were produced by casting, milling and laser sintering techniques (n=15). Standard opaque (0.1 mm) and dentin porcelain (1 mm) was applied to all specimens and glazed. Color measurements were made a spectrophotometer before the opaque application, after the opaque application and after the porcelain application. L*, a*, b* values were obtained. Color differences were calculated using the formula CIEDE2000.

Results: Color difference values (ΔE_{00}) before the opaque application were below the perceptible threshold value (<0.8) in the casting and milling groups, and were clinically acceptable (<1.8) in the laser sintering group. Color difference values after opaque application were below the perceptible threshold value (<0.8) in all groups, color difference values after porcelain application; it was found to be within the acceptable limit (<1.8) in the laser sintering group, and above the acceptable limit in the casting and milling groups.

Conclusion: Different framework production techniques in porcelain-fused-to-metal restorations cause color differences after laboratory stages.

Key Words: Metal ceramic restorations, Cobalt chromium, Spectrophotometry, Dental prosthesis design

Geliş Tarihi/Received 28.05.2023
Kabul Tarihi/Accepted 26.12.2023
Yayın Tarihi/Publication Date 28.07.2024

Sorumlu Yazar/Corresponding author:
Cumhur KORKMAZ
E-mail: cumhur.korkmaz@sbu.edu.tr
Cite this article: Korkmaz C. Comparison of Color Differences After Laboratory Stages in Metal-Reinforced Porcelain Restorations Produced with Different Methods *Curr Res Dent Sci.* 2024; 34(3): 210-215.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

GİRİŞ

Sabit protetik diş hekimliğinde metal destekli porselen restorasyonlar, uzun yıllardır güvenli bir şekilde kullanılmaktadır. Biyouyumlu materyaller olarak bilinen porselenlerin, mekanik özelliklerinin zayıflığı ve kırılma yapısında olmaları sebebiyle klinik kullanımlarında, metal altyapılarla desteklenmeleri gerekmektedir.¹ Altyapı materyali olarak çoğunlukla soy olmayan metal alaşımlarından olan kobalt-krom (Co-Cr) veya nikel-krom (Ni-Cr) tercih edilmektedir.² Nikel metalinin alerjik reaksiyon oluşturma kapasitesi nedeniyle, korozyona karşı dirençli yapıları, maliyetlerinin düşüklüğü ve elastik modüllerinin yüksek olması, metal destekli porselen restorasyonlarında Co-Cr alaşımlarının daha çok tercih edilmelerini sağlamıştır.²

Metal alaşımların altyapı üretiminde yaygın olarak geleneksel döküm yöntemi kullanılmaktadır.³ Bu yöntemin uzun zaman alması ve başarının, teknisyenin yeteneğine bağlı olması, yöntemin dezavantajlarını oluşturmaktadır. Diş hekimliği teknolojisine paralel olarak Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM) ve lazer sinterleme yöntemleri gibi farklı metal altyapı üretim teknikleri tanımlanmış ve uygulanmaya başlanmıştır.^{4,5} CAD/CAM sistemleri, optik tarayıcılar ile ağız içi veya modelden elde edilen verilerin, bilgisayar yazılımları ile üç boyutlu tasarımlara dönüştürülmesi ve üretimini kapsayan bir dizi işlemler bütünüdür. Bu sistemlerle metal, seramik veya rezin materyallerinden kazıma işlemleri yüksek doğrulukla yapılabilmekte, bu da üretilen altyapıların başarısını arttırmaktadır.⁴ Lazer sinterleme tekniği ise, metal tozlarının, 3 boyutlu yazılım ile belirlenen noktalara lazer ışınlarının yönlendirilmesi neticesinde bir araya getirilmesi esasına dayanan eklemeli üretim metodudur.⁶ Dijital teknolojinin gelişimi, CAD/CAM ve lazer sinterleme ile metal altyapı üretim yöntemlerinin ön plana çıkmasını sağlamıştır.

Metal destekli porselen restorasyonların özellikle anterior bölgede kullanımları, ışık geçirgenliğinin ve translusensliğinin azalması, ışık yansımalarının artışına bağlı olarak estetik problemlere neden olmaktadır.⁷ Metal altyapılı porselen restorasyonlarda doğal dişin yapısını ve rengini taklit etmek oldukça zordur.⁸⁻¹⁰ Bunun en büyük nedeni, doğal diş ile restorasyon arasındaki yapısal farklılıklardır.⁸ Metal alt yapının rengini maskeleyebilmek için restorasyona opak seramik uygulanır. Opak tabaka üzerine uygulanacak porselenin rengi ve kalınlığı da restorasyonun estetiğini etkileyen faktörlerdir.^{9,11}

Diş hekimliği pratiğinde renk seçimi, çıplak göz ile yapılabildiği gibi, kolorimetre veya spektrofotometre gibi dijital cihazlarla da belirlenebilmektedir.¹² Dijital olarak yapılan renk ölçümlerinde çoğunlukla CIE L*a*b renk sistemi tercih edilse de en güncel sistem CIEDE2000'dir.¹³

CIELAB renk sisteminde her bir renk, renk uzayında 3 koordinatla tanımlanır.¹⁴⁻¹⁹ L* değeri açıklığı, a* değeri kırmızılık (pozitif) ve yeşillik (negatif) oranını, b* değeri sarılık (pozitif) ve mavilik (negatif) oranını temsil etmektedir.¹⁷ Renk farkının algılanabilir veya kabul edilebilir olup olmadığını anlamak için renk algılanabilirliği ve renk kabul edilebilirlik eşik değerleri karşılaştırılır. Paravina ve ark.²⁰ CIEDE2000 %50 algılanabilirlik eşiği ve %50 kabul edilebilirlik eşiğinin sırasıyla 0.8 ve 1.8 olduğunu bildirmişlerdir.

Literatürde, farklı altyapı materyallerinin, protetik restorasyonların final rengi üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar mevcuttur.²¹⁻²³ Ancak metal destekli porselen restorasyonlarda kullanılan farklı altyapı üretim tekniklerinin, laboratuvar işlemleri sonrası renk farklılıkları üzerine olan etkilerinin, güncel bir metot olan CIEDE 2000 formülü ile değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı, farklı tekniklerle üretilen kobalt-krom (Co-Cr) alaşımlı metal destekli porselen restorasyonların, laboratuvar aşamaları sonrası oluşan renk farklılıklarının değerlendirilmesidir. Çalışmanın sıfır hipotezi, altyapı üretim tekniğindeki farklılığın, metal destekli porselen restorasyonların

farklı laboratuvar basamakları arasında renk farklılığına neden olmayacağıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılmak üzere, her bir gruptan 15 adet 10x10x1mm ölçülerinde toplam 45 adet örnek, 3 farklı yöntemle (döküm, CAD/CAM milled, lazer sinterleme) hazırlandı (Tablo 1).

Tablo 1. Co-Cr altyapıların üretim teknikleri ve materyallerin özellikleri

Üretim tekniği	Marka	Üretici firma	İçeriği (%)
Döküm	Remanium 2000+	Dentaurum GmbH Co&KG, Ispringen, Almanya	Co 63, Cr 23, Mo 7, W 5, Si 1.5 Mn<1 N<1
Milleme	Remanium star MD II blank	Dentaurum GmbH Co&KG, Ispringen, Almanya	Co 60.5, Cr 28, W 9, Si 1.5 N<1 Fe<1 Nb<1 Mn<1
Lazer sinterleme	Remanium® star CL	Dentaurum GmbH Co&KG, Ispringen, Almanya	Co 60.5, Cr 28, W 9, Si 1.5 Mn<1 N<1 Nb<1 Fe<1

Geleneksel döküm yönteminin kullanıldığı Co-Cr örnekler, (Remanium 2000+, Dentaurum GmbH Co&KG, Ispringen, Almanya) indüksiyon döküm makinesinde, (Fornax GEU, Bego, Bremen, Almanya) kayıp mum tekniği ile üretildi. Döküm yolları hazırlanan örnekler manşete alındı ve fosfat bağlı revetman kullanıldı. (Bellavest SH, Bego, Bremen, Almanya) Mumun elimine edilmesi için üretici firmanın tavsiyeleri doğrultusunda ön ısıtma fırınında 250°C de 25 dakika olacak şekilde fırınlama yapıldı. (Miditherm MP, Bego, Bremen, Almanya) Ardından revetman bloklar, santrifüj cihazına (The Fornax BEGO GmbH & Co.KG, Almanya) yerleştirilerek döküm işlemi tamamlandı.

CAD/CAM sistemi ile milled yönteminin kullanıldığı örneklerin üretimi, Co-Cr alaşımı olan bloktan (Remanium star MD II blank, Dentaurum GmbH Co&KG, Ispringen, Almanya), su soğutması altında yapıldı.

Lazer sinterleme ile üretilen örnekler, 3 boyutlu dizayn yapılarak, Co-Cr metal alaşım tozlarının (Remanium® star CL, Dentaurum GmbH Co&KG, Ispringen, Almanya) lazer sinter cihazında (M2 Cusing, ConceptLaser GmbH, Lichtenfels, Almanya) lazer ışınları ile eritilip, tabakalar halinde katmanların birleşimiyle elde edilmiştir.

Örneklerin 10x10x1mm ölçülerinde olup olmadığının kontrolü için dijital kumpas (Digital Caliper, World Precision Instruments, Sarasota, FL, A.B.D.) kullanıldı. Uygun olmayan örnekler çalışmaya dâhil edilmedi ve yenileri üretildi. Tüm örnekler, 250 µm alüminyum oksit partikülleriyle, 2 bar basınç altında kumlanmış ve 10 dakika süresince etanol solüsyonunda bekletilmiştir. Örneklerin porselen yüzeylerine, porselen bağlayıcı ajan (3C-Bond, Alphasent, NV Antwerpen, Belçika) ve 0,1 mm opak porseleni (VITA VMK Opaque A1, GC Initial MC Paste Opaque OA2, Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) uygulandı ve fırınladı (Programat P80, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) (450-970°C). Ardından uygulanacak olan porselen kalınlığının standardizasyonu için, 10x10x1 mm ebatlarında delikleri olan metal bir düzenek hazırlanarak örnekler üzerine 1 mm porselen (Vita VMK Master, VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) yığılma işlemi yapıldı ve fırınladı (450-955°C). Örneklerin kalınlıkları, dijital kumpas (Digital Caliper, World Precision Instruments, Sarasota, FL, ABD) yardımıyla ölçüldü ve glaze uygulanarak laboratuvar işlemleri tamamlandı. Opak porselen, dentin porseleni ve glaze aşamalarında, üretici firmanın tavsiyeleri doğrultusunda fırınlama işlemleri uygulandı. Örneklerin renk ölçümleri, D65 ksenon filtreli dağınık aydınlatma ve 8 derecelik görüntüleme geometrisine sahip bir spektrofotometre ile gerçekleştirildi. (Datacolor spektrofotometre,

Spectra Flash SF600 Plus, Datacolor AG, Lawrenceville, NJ, ABD). Her örnek için 3 ölçüm yapıldı ve bu ölçümlerin ortalaması alınarak L^* , a^* , b^* değerleri elde edildi. Her grubun ölçümü sonrasında cihaz yeniden kalibre edildi ve ölçümlere devam edildi. Ölçümler her bir örnek için, opak porselen uygulama öncesi, opak porselen uygulama sonrası ve dentin porselen+glaze uygulamaları sonrasında yapıldı ve değerler kaydedildi. Farklı tekniklerle üretilen grupların, farklı laboratuvar basamakları arasındaki renk farklılık (ΔE_{00}) değerleri, aşağıdaki CIEDE 2000 formülü kullanılarak hesaplandı:²⁴⁻²⁵

$$\Delta E_{00} = [(\Delta L'/K_L S_L)^2 + (\Delta C'/K_C S_C)^2 + (\Delta H'/K_H S_H)^2 + R_T(\Delta C'/K_C S_C)(\Delta H'/K_H S_H)]^{1/2}$$

Bu formülde $\Delta L'$, $\Delta C'$ ve $\Delta H'$, açıklık, kroma ve renk tonu farklılıklarını ifade etmektedir. K_L , K_C ve K_H parametrik faktörlerdir. Bu faktörler çalışmada, aydınlatma ve görüntüleme koşullarını düzeltmek için kullanıldı ve CIE tarafından tanımlanan referans koşullar altında 1.0 olarak ayarlandı. Açıklık, renk tonu ve kroma bileşenleri için ağırlıklandırma fonksiyonları sırasıyla S_L , S_C ve S_H sembolleri olarak gösterilmektedir. R_T (dönme terimi), mavi bölgedeki ton ve kroma performansını iyileştirmek için kullanılmaktadır.²⁶

ΔE_{00} değerleri, örneklerin renk değişikliklerinin, gözlemci tarafından algılanıp algılanamayacağını veya kabul edilebilir olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada ΔE_{00} algılanabilirlik eşik değeri 0.8, kabul edilebilirlik eşik değeri ise 1,8 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin üzeri seviyelerin, iki renk arasındaki farklılığın algılanabilir ve klinik olarak kabul edilemez olduğunu gösterdiği değerlendirilmiştir.²⁰

İstatistiksel analiz

Verilerin analizinde IBM SPSS version 20 programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı veriler ortalama, standart sapma, medyan, minimum, maksimum olarak verilmiştir. Farklılıklar Mann Whitney U test ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $P < .05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Her bir örnek grubunun (döküm, milleme ve lazer sinterleme), opak uygulama öncesi, opak uygulama sonrası ve porselen uygulama sonrası L^* , a^* , b^* değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de gösterilmiştir.

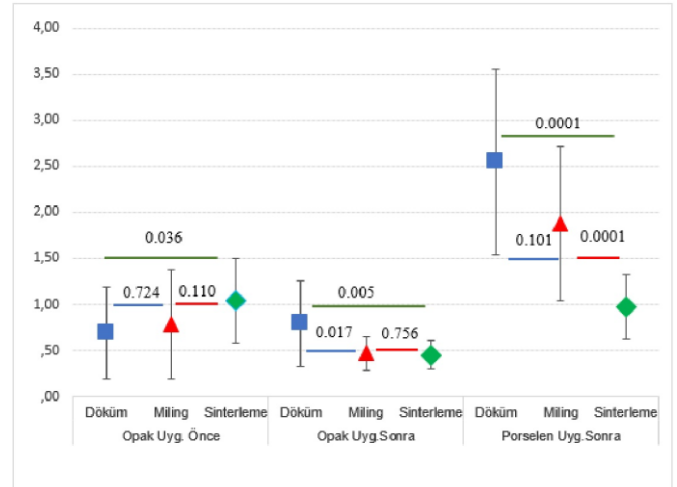
Elde edilen sonuçlara göre; L^* değerleri açısından gruplar arası yapılan karşılaştırmada; opak uygulama öncesi istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($P > .05$), opak uygulama sonrası ve porselen uygulamaları sonrası gruplar arasında fark, istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P < .05$). Opak uygulama öncesi ikili grupların karşılaştırılmasında anlamlı farklılık bulunmazken ($P > .05$), opak uygulama sonrası döküm&lazer sinterleme ve döküm&milleme grupları arasında; porselen uygulama sonrası döküm&lazer sinterleme ve lazer sinterleme&milleme grupları arasında, istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($P < .05$).

a^* değerleri açısından gruplar arası yapılan karşılaştırmada; opak uygulama öncesi istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($P > .05$), opak uygulama sonrası ve porselen uygulamaları sonrası gruplar arasında fark, istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P < .05$). Opak uygulama sonrası ve porselen uygulama sonrası ikili grupların karşılaştırılmasında; döküm&milleme ve lazer sinterleme&milleme grupları arasındaki farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($P < .05$).

Opak uygulama öncesi, opak uygulama sonrası ve porselen uygulama sonrası, b^* değerleri açısından gruplar arası yapılan karşılaştırmada, farklılığın, istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulundu ($P < .05$). İkili grupların karşılaştırılmasında; opak uygulama öncesi döküm&lazer sinterleme ve lazer sinterleme&milleme grupları arasında; opak uygulama sonrası ve porselen uygulama sonrasında ise

döküm&milleme ve lazer sinterleme&milleme grupları arasındaki farklılıklar, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < .05$).

Döküm, milleme ve lazer sinterleme yöntemleri ile elde edilen örnek gruplarının, aynı laboratuvar basamaklarındaki renk farklılıklarının (ΔE_{00}) değerlendirilmesi Tablo 3 ve Şekil 1'de gösterilmiştir. Grupların birbirleriyle yapılan karşılaştırılmasında, opak uygulama öncesi en yüksek renk farklılık değeri lazer sinterleme grubunda tespit edilmişken ($1,04 \pm 0,46$), opak uygulama sonrası ($0,79 \pm 0,47$) ve porselen uygulama sonrası ($2,55 \pm 1,01$) en yüksek renk farklılık değeri döküm grubunda bulunmuştur. Opak uygulama öncesi, döküm&lazer sinterleme grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiş olup ($P < .05$), döküm&milleme ve milleme&lazer sinterleme grupları arasında anlamlı farklılık tespit edilememiştir ($P > .05$). Opak uygulama sonrası, döküm&milleme ve döküm&lazer sinterleme grupları arasındaki fark, istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < .05$). Milleme&lazer sinterleme grupları arasındaki fark ise, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P > .05$). Porselen uygulama sonrası, döküm&lazer sinterleme ve milleme&lazer sinterleme grupları arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($P < .05$). Döküm&milleme grupları arasında ise anlamlı fark tespit edilememiştir ($P > .05$).



Şekil 1. Grupların aynı laboratuvar basamaklarındaki renk farklılıklarının istatistiksel değerlendirilmesi

Opak uygulama öncesi renk farklılık değerleri (ΔE_{00}), döküm ve milleme gruplarında algılanabilir eşik değerinin altında ($< 0,8$), lazer sinterleme grubunda ise kabul edilebilir sınırlar içinde bulunmuştur ($< 1,8$). Opak uygulama sonrası renk farklılık değerleri (ΔE_{00}), tüm gruplarda algılanabilir eşik değerinin altında bulunmuştur ($< 0,8$). Porselen uygulama sonrasında renk farklılık değerleri (ΔE_{00}), lazer sinterleme grubunda, kabul edilebilir sınırlar içinde bulunmuş ($< 1,8$), döküm ve milleme gruplarında ise kabul edilebilir sınırın üzerinde tespit edilmiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmanın verilerine göre; farklı altyapı üretim teknikleri ile üretilen örnek grupları arasında opak uygulama öncesi, opak uygulama sonrası ve porselen uygulama sonrasında renk farklılığı değerleri, istatistiksel olarak anlamlı bulunduğundan ($P < .05$), çalışmanın sıfır hipotezi reddedilmiştir.

Tablo 2. Gruplara ait L*, a*, b* değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

L*	Döküm ¹		Lazer Sinterleme ²		Milleme ³		p	p (1&2)	p (1&3)	p (2&3)
	Ort±Ss	Min.-Maks.	Ort±Ss	Min-Maks	Ort±Ss	Min-Maks				
Opak uygulama öncesi ^a	76.07±1.16	74.04-78.86	75.72±1.56	73.31-77.36	76.53±1.38	74.22-79.83	0.280	1.000	1.000	0.342
Opak uygulama sonrası ^b	81.62±0.92	79.86-82.67	83.31±0.53	82.49-83.99	82.96±0.48	82.09-83.46	0.001	0.001	0.001	0.484
Porselen uygulama sonrası ^c	56.84±3	52.98-61.26	53.57±0.92	52.36-54.88	56.68±2.2	53.26-60.4	0.001	0.000	0.162	0.000
a*	Döküm ¹		Lazer Sinterleme ²		Milleme ³		p	p (1&2)	p (1&3)	p (2&3)
	Ort±Ss	Min-Maks	Ort±Ss	Min-Maks	Ort±Ss	Min-Maks				
Opak uygulama öncesi ^a	0.68±0.06	0.55-0.77	0.7±0.11	0.54-0.97	0.67±0.05	0.59-0.77	0.572	1.000	1.000	0.945
Opak uygulama sonrası ^b	0.63±0.27	0.08-1.12	0.92±0.15	0.61-1.17	0.62±0.19	0.29-1.02	0.001	1.000	0.001	0.001
Porselen uygulama sonrası ^c	-0.19±0.1	-0.34-0.06	-0.09±0.07	-0.23-0.03	-0.19±0.1	-0.34-0.07	0.004	1.000	0.009	0.016
b*	Döküm ¹		Lazer Sinterleme ²		Milleme ³		p	P (1&2)	P (1&3)	P (2&3)
	Ort±Ss	Min.-Maks.	Ort±Ss	Min-Maks	Ort±Ss	Min-Maks				
Opak uygulama öncesi ^a	4.25±0.27	3.56-4.65	4.05±0.3	3.25-4.58	4.67±0.23	4.3-4.95	0.001	0.000	0.162	0.000
Opak uygulama sonrası ^b	15.3±1.04	12.9-16.93	16.59±0.5	15.5-17.21	15.71±0.55	14.81-16.38	0.001	0.404	0.000	0.007
Porselen uygulama sonrası ^c	5.85±0.68	4.57-7.6	6.84±0.74	4.76-7.79	5.99±0.69	4.58-7.02	0.001	1.000	0.001	0.006

Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum

Tablo 3. Grupların aynı laboratuvar basamaklarında renk farklılıklarının değerlendirilmesi

		Opak Uygulama Öncesi	Opak Uygulama Sonrası	Porselen Uygulama Sonrası
		Döküm	Ort±Ss (Medyan)	0,69±0,5 (M:0)
	Min-Maks	0,21-2	0,28-1,82	0,94-3,94
Milleme	Ort±Ss (Medyan)	0,79±0,59 (M:1)	0,47±0,18 (M:0)	1,87±0,84 (M:2)
	Min-Maks	0,18-2,34	0,22-0,76	0,31-3,34
Lazer Sinterleme	Ort±Ss (Medyan)	1,04±0,46 (M:1)	0,45±0,15 (M:0)	0,97±0,35 (M:1,09)
	Min-Maks	0,36-1,78	0,21-0,7	0,26-1,67
Döküm v Milleme		0,724	0,016	0,101
Döküm v Lazer Sinterleme		0,036	0,005	0,0001
Milleme v Lazer Sinterleme		0,11	0,756	0,0001

Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum

Porselenlerin biyouyumluluk ve estetik özelliklerini, metal altyapıların mekanik direnç ve dayanıklılık özellikleri ile birleştiren metal destekli porselen restorasyonlar, uzun yıllardır diş hekimliği pratiğinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu üstün mekanik özelliklerine karşın, metal altyapının ışık geçirgenliği ve translüensiyasının az olması, estetik problemlere neden olmaktadır.⁷ Literatürde, kullanılan metal altyapının ve üzerine uygulanan opak porselen sonrası renk değişikliğini inceleyen çalışmalar yapılmış olsa da^{11,27,28}, farklı altyapı teknikleri ile üretilmiş metal destekli porselenlerin, farklı laboratuvar basamakları arasındaki renk değişikliklerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada; döküm, milleme ve lazer sinterleme ile üretilen metal destekli porselen restorasyonların, opak porselen uygulama öncesi, opak uygulama sonrası ve porselen uygulama sonrası renk değişiklikleri karşılaştırılmıştır.

Metal destekli porselen restorasyonlar, uzun yıllardır kayıp-mum tekniğinin kullanıldığı döküm metodu ile üretilmektedir. Dökümün hassasiyeti ve kalitesi, farklı başarısızlıkların oluşabileceği çeşitli laboratuvar basamaklarına bağlıdır. Bu sebeple, altyapı üretiminde alternatif teknikler uygulanmaya başlamıştır.²⁹ Dijital teknolojinin gelişimiyle, CAD/CAM ve lazer sinterleme teknikleri tanıtarak diş hekimliği pratiğinde kullanılmaya başlanmıştır.^{4,5,30} Bu çalışmada da, geleneksel döküm tekniği ve güncel altyapı üretim teknikleri olan milleme ve lazer sinterleme üretim teknikleri kullanılmıştır.

Brewer ve ark.²⁷, 3 farklı metal alaşımının, metal-seramik restorasyonların laboratuvar aşamaları sonrasındaki renk değişimlerini, spektrofotometrik analiz kullanarak değerlendirdikleri çalışmalarında, her 3 alaşımda da opak porselen uygulama sonrası çok az renk değişimi meydana geldiğini, dentin porseleni uygulaması sonrası ise önemli renk değişimlerinin meydana geldiğini, bu değişimin nedenin, alaşımlarının farklı olmasından kaynaklı olduğunu savunmuşlardır. Bizim yaptığımız çalışmada, opak uygulama öncesi en yüksek renk farklılık değeri lazer sinterleme grubunda tespit edilmişken, opak ve porselen uygulamaları sonrası en yüksek renk farklılık değeri döküm grubunda bulunmuştur. Farklılığın nedeninin, altyapı üretim tekniklerinin farklı olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Gözle yapılan renk seçiminin; ortamın ışığına, kullanılan materyalin özelliklerine ve bireyin kişisel değerlendirmesine bağlı olarak farklılıklar gösterebildiği belirtilmiştir.¹⁹ Oluşabilecek farklılıkları azaltmak ve sonuçların güvenilirliğini arttırmak için renk ölçümlerinde, dijital ölçüm cihazları kullanılabilir. Bu amaca yönelik en gelişmiş renk ölçüm cihazlarından biri spektrofotometredir.¹⁹ Bu çalışmada da renk ölçümleri için spektrofotometre kullanılmıştır (Datacolor spektrofotometre, Spectra Flash SF600 Plus, Datacolor AG, Lawrenceville, NJ, ABD).

CIE renk sisteminde L* değeri açıklığı/koyuluğu ifade etmektedir.¹⁷ Açık renkli cisimlerin L* değeri yüksek, koyu renkli cisimlerin ise düşüktür.¹⁴ Bu çalışmada, porselen uygulama sonrası lazer sinterleme

grubu örneklerin parlaklığı, döküm ve milleme ile üretilen örneklerden daha az bulunmuştur. Pozitif a* değerleri, cismin kırmızımsı olduğunu, negatif değerler ise yeşilimsi olduğunu ifade etmektedir.¹⁴ Opak uygulama sonrası ve porselen uygulama sonrası, lazer sinterleme ile üretilen örnekler, döküm ve milleme ile üretilen örneklerden daha yeşilimsi bulunmuştur. Pozitif b* değerleri, cismin sarımsı olduğunu, negatif değerler ise cismin mavimsi olduğunu ifade etmektedir.¹⁴ Çalışmada, opak uygulama öncesi döküm ve milleme grubu örneklerin, lazer sinterleme grubu örnekler göre daha sarımsı, opak uygulama sonrası ve porselen uygulama sonrası lazer sinterleme grubu örneklerin, döküm ve milleme ile üretilen örneklerden daha sarımsı olduğu tespit edilmiştir.

Diş hekimliğinde, renk farklılıklarının değerlendirildiği çalışmaların çoğunda, CIE L*a*b* renk sistemi kullanılmasına ve yeterli olmasına rağmen, daha düşük renk farklılıklarının tespit edilmesinde, algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik eşik değerlerini daha doğru ifade edebilmek için CIEDE2000 renk sistemi tanımlanmış ve formüle edilmiştir.²⁴ Bu çalışmada da, renk farklılıklarının değerlendirilmesi için en güncel sistem olan CIEDE2000 formülü kullanılmıştır.

Ruyter ve ark.³¹ kompozit veneer örneklerle yaptıkları çalışmalarında, numuneleri için CIE L*a*b* renk sistemine göre, 3,3'ten küçük renk farklılıklarının kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir. Johnston ve ark.³² doğal dişlerle kompozit veneerlerin ağız ortamındaki renk tespiti için karşılaştırdığı çalışmalarında, ortalama renk farkının 3,7 olduğunu kaydetmişlerdir. Ancak çalışmanın görsel değerlendirme kriterleri ile ölçülen renk farklılıkları arasında net bir sınır olmadığını da belirtmişlerdir. Bu nedenle, monokromatik örnekler için ideal görüntüleme koşullarında 1.0'lik bir ΔE değeri kabul edilebilir olsa da intraoral koşullar altında kabul edilebilirlik sınırı değişken olabilmektedir. Douglas ve ark.³³ regresyon analizine dayalı olarak ağız içi renk farkının tahmin edilebileceğini, diş hekimlerinin %50'sinin, kabul edilebilir renk farklılık değerinin 5,5, diş hekimlerinin %50'sinin algılanabilir renk farklılığının 2,6 olduğunu bildirmişlerdir. Paravina ve ark.²⁰ yaptıkları çalışmalarında, CIEDE2000 formülüne göre (ΔE₀₀) 50:50% algılanabilirlik eşik değerini 0,8, 50:50% kabul edilebilirlik eşik değeri ise 1,8 olarak ifade etmişlerdir. Bu çalışmada da algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik eşik değerleri sırasıyla, 0,8 ve 1,8 olarak kabul edilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre; opak uygulama öncesi ΔE₀₀ değerleri, döküm ve milleme gruplarında algılanabilir eşik değerinin altında (<0,8), lazer sinterleme grubunda ise klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde bulunmuştur (<1,8). Opak uygulama sonrası ΔE₀₀ değerlerinin, tüm gruplarda algılanabilir eşik değerinin altında olduğu görülmüştür (<0,8). Porselen uygulama sonrasında ΔE₀₀ değerleri, lazer sinterleme grubunda, kabul edilebilir sınırlar içinde (<1,8), döküm ve milleme gruplarında ise kabul edilebilir sınırın üzerinde tespit edilmiştir (>1,8).

Çalışmanın sınırlamaları arasında, tek çeşit porselen kullanımı sayılabilir. Farklı metal alaşımları ile üretilen metal destekli porselenlerin ve farklı porselen tiplerinin kullanıldığı protetik restorasyonlarda renk farklılıklarının olduğu, çalışmalarla ortaya konmuştur.³⁴ Ayrıca 0,5mm ile 2mm arasında değişen kalınlıklarda porselenin uygulandığı metal destekli porselen çalışmalarında, kalınlık artışının, daha düşük renk değişikliğine neden olduğu belirtilmiştir.³⁵ Gelecekte, farklı metotlarla üretilen metal altyapılı porselen restorasyonların, laboratuvar işlemleri sonrası renk farklılıklarının tespiti çalışmalarında, farklı marka ve farklı kalınlıklarda porselen kullanılmasının, klinik uygulamalara ışık tutması açısından faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmanın sınırları içinde varılan sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:
1. Co-Cr alaşımının kullanıldığı metal destekli porselen restoras-

yonlarda, altyapı üretim tekniğinin farklı olması, laboratuvar basamakları arasında renk farklılığına neden olmaktadır.

2. Porselen uygulama sonrası renk değişimi, lazer sinterleme grubunda klinik olarak kabul edilebilir eşik değerinin altında, milleme ve döküm gruplarında ise klinik olarak kabul edilebilir eşik değerinin üzerinde bulunmuştur.

3. L* değerleri incelendiğinde; opak uygulama öncesi ve porselen uygulama sonrası lazer sinterleme ile üretilen örneklerin parlaklığı, döküm ve milleme ile üretilen örneklerden daha düşük, opak uygulama sonrası daha fazla bulunmuştur.

4. a* değerleri açısından; lazer sinterleme grubunda, opak uygulama öncesi ve opak uygulama sonrası döküm ve milleme gruplarına göre daha kırmızımsı, porselen uygulama sonrası daha az yeşilimsi bulunmuştur.

5. b* değerleri açısından; opak uygulama öncesi lazer sinterleme grubu örneklerin, döküm ve milleme grubu örnekler göre daha az sarımsı, opak uygulama sonrası ve porselen uygulama sonrası ise daha sarımsı olduğu tespit edilmiştir.

Etik Komite Onayı: Çalışmada hayvan veya insan kaynaklı bir materyal kullanılmadığından etik komite onayı gerekli değildir.

Hasta Onamı: Çalışmada hayvan veya insan kaynaklı bir materyal kullanılmadığından aydınlatılmış onam formu ihtiyacı bulunmamaktadır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Ethics Committee Approval: Since no material of animal or human origin was used in the study, ethics committee approval is not required.

Informed Consent: Since no material of animal or human origin was used in the study, there is no need for an informed consent form.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support

KAYNAKLAR

- Zhang Y, Kelly JR. Dental ceramics for restoration and metal veneering. *Dent Clin*. 2017;61:797-819.
- Anusavice KJ, Wrought Alloys, Brantley WA. *Phillips' Science of Dental Materials*. 11th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2003. p.621-654.
- Roach M. Base metal alloys used for dental restorations and implants. *Dent Clin North Am*. 2007;51:603-627.
- Chavali R, Nejat AH, Lawson NC. Machinability of CAD/CAM materials. *J Prosthet Dent*. 2017;118:194-199.
- Uçar Y, Gürbüz, GA, Erken O. Diş hekimliğinde lazer sinterizasyon ve diğer tabakalı üretim yöntemleri. *Türkiye Klinikleri J Prosthodont-Special Topics*. 2015; 1(1): 13-22.
- Wu G, Zhou B, Bi Y, Zhao Y. Selective laser sintering technology for customized fabrication of facial prostheses. *J Prosthet Dent*. 2008;100:56-60.
- Kourtis SG, Tripodakis AP, Doukoudakis AA. Spectrophotometric evaluation of the optical influence of different metal alloys and porcelains in the metal-ceramic complex. *J Prosthet Dent* 2004;92:477-485.

8. Miller LL. Shade matching. *J Esthet Dent*. 1993;5:143-153.
9. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent*. 2002; 87: 657-666.
10. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. Contemporary Fixed Prosthodontics. 4th ed. St. Louis: Elsevier; 2006. p. 709-39, 740-773.
11. Vichi A, Corciolani G, Carrabba M, Munoz A, Louca C. Influence of Thickness of Opaque Porcelain and Alloy Color on the Final Color of Porcelain-Fused-to-Metal Restorations. *Materials (Basel)*. 2023;16(1): 457. Published 2023 Jan 3. doi:10.3390/ma16010457
12. Hassel AJ, Grossmann AC, Schmitter M, Balke Z, Buzello AM. Interexaminer reliability in clinical measurement of L*C*h* values of anterior teeth using a spectrophotometer. *Int J Prosthodont*. 2007; 20: 79– 84.
13. Genc G, Toz T. Ön dişlerin direkt restorasyonlarında uygulanan kompozit rezinlerin renk stabiliteleeri. *A Ü Diş Hek Fak Derg*. 2016; (14):7-19.
14. O'Brien WJ. *Dental materials and their selection*. 3rd ed. Chicago: Quintessence; 2002. p. 24-36, 225-38, 210-224.
15. Wang X, Ge J, Fay RM, Lu H, Gao C, Powers JM. Comparison of the color of ceramics as measured by different spectrophotometers and colorimeters. *Int J Prosthodont*. 2005;18:73-74.
16. Douglas RD, Brewer JD. Variability of porcelain color reproduction by commercial laboratories. *J Prosthet Dent*. 2003;90:339-346.
17. Berns RS. Billmeyer and Saltzman's principles of color technology. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons; 2000. p. 31-105.
18. van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmid WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent*. 1990;63:155- 162.
19. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res*. 1989; 68: 1755-1759.
20. Paravina R.D, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2015; 27 Suppl 1: S1-S9.
21. Abualsaud H, Zandparsa R, Hirayama H, Sadig W, Aboushelib M, Salameh Z. Color management of the cervical region using different framework materials. *J Esthet Restor Dent*. 2011 Dec;23(6):371-378. doi: 10.1111/j.1708-8240.2010.00387.x. Epub 2011 May 9. PMID: 22142295.
22. Yilmaz B, Alp G, Johnston WM. Effect of framework material on the color of implant-supported complete-arch fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*. 2019; 122(1):69-75. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.11.005. Epub 2019 Mar 22. PMID: 30910280.
23. Paniz G, Kim Y, Abualsaud H, Hirayama H. Influence of framework design on the cervical color of metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent*. 2011 Nov;106(5):310-318. doi: 10.1016/S0022-3913(11)60136-4. PMID: 22024181.
24. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent*. 2010; 38: 57-64.
25. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 color-difference formula: CIEDE2000. *Color Res Appl*. 2001; 26: 340–350.
26. CIE Technical Report: Colorimetry. CIE pub no 15.3. Vienna, Austria: CIE Central Bureau; 2004.
27. Brewer JD, Akers CK, Garlapo DA, Sorensen SE. Spectrometric analysis of the influence of metal substrates on the color of metal-ceramic restorations. *J Dent Res*. 1985;64:74-77.
28. Crispin BJ, Seghi RR, Globe H. Effects of different metal ceramic alloys on the color of opaque and dentin porcelain. *J Prosthet Dent* 1991; 65:351-356.
29. Kellerhoff RK, Fischer J. In vitro fracture strength and thermal shock resistance of metal-ceramic crowns with cast and machined AuTi frameworks. *J Prosthet Dent*. 2007; 97(4): 209-215.
30. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/ CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009; 28: 44-56.
31. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater*. 1987;3:246-251.
32. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819-822.
33. Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent*. 2007;97:200-208.
34. Janardanan K, Pillai S T, Karunakaran H. The influence of metal substrates and porcelains on the shade of metal-ceramic complex: A spectrophotometric study. *Indian J Dent Res*. 2012; 23 (6): 838-838.
35. Tuncel İ, Turp I, Düç B. Selçuker AH, Aslantaş A, Bekman E. Metal-seramik restorasyonlarda fırınlama sayısı ve seramik kalınlığının renk değişimine etkisi. *Selcuk Dent J*. 2017; 4: 123-127 (Doi: 10.15311/selcukdentj.312779).