TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

İNTRAORAL İNDİREKT DİJİTAL GÖRÜNTÜLEMEDE FARKLI ENFEKSİYON KONTROL PROSEDÜRLERİNİN GÖRÜNTÜ KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

BİRDAL AYKUT
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
PROF. DR. BİRSAY GÜMRÜ TARÇIN
AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI

İSTANBUL - 2026

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

İNTRAORAL İNDİREKT DİJİTAL GÖRÜNTÜLEMEDE FARKLI ENFEKSİYON KONTROL PROSEDÜRLERİNİN GÖRÜNTÜ KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

BİRDAL AYKUT
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
PROF. DR. BİRSAY GÜMRÜ TARÇIN
AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI

İSTANBUL - 2026

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmemiş bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Arş. Gör. Dt. Birdal AYKUT

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitim süresi boyunca ilminden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim, birlikte çalışmaktan onur duyduğum, güvenini, maddi ve manevi desteğini her zaman hissettiğim ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabrından dolayı değerli hocam, saygıdeğer Prof. Dr. Birsay GÜMRÜ TARÇIN'a her türlü katkısından dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Tez süreci boyunca bilgi ve deneyimlerinden faydalanma fırsatı bulduğum değerli hocam Anabilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. Şebnem ERÇALIK YALÇINKAYA'ya, üzerimde emeği olan tüm hocalarıma, birlikte çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında ilgisi, yönlendirmesi ve tecrübesi ile yanımda olan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Bilge TARÇIN'a teşekkür ederim.

Bütün emekleri ve koşulsuz sevgileri ile beni bugünlere kadar getiren aileme sonsuz teşekkür ederim.

Hayatıma girdiği günden beri beni destekleyen, acı tatlı günümde yanımda olan, bana inanan, cesaretlendiren, sevgisini her zaman derinden hissettiren, anlayışı, güveni ve sabrıyla bu süreci sağlam adımlarla tamamlamamda çok önemli paya sahip olan, en büyük destekçim, kıymetli eşim Dr. Dilara YILMAZ AYKUT'a çok teşekkür ederim. İyi ki varsın.

Arş. Gör. Dt. Birdal AYKUT

İstanbul, 2026

Bu tez çalışmasında kullanılan fosfor plakalar ve plaka temizleme mendilleri Dürr Dental tarafından sağlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR ..... **i**
ŞEKİLLER ..... **ii**
TABLOLAR ..... **iii**
1. ÖZET **1**
2. SUMMARY **2**
3. GİRİŞ ve AMAÇ **3**
4. GENEL BİLGİLER **5**
4.1. Dijital Görüntüleme Sistemleri 5
4.1.1. Direkt dijital görüntüleme reseptörleri 6
4.1.1.1. Yük bağlantılı cihaz (CCD) reseptörleri 6
4.1.1.2. Tamamlayıcı metal-oksit yarı iletken (CMOS) reseptörleri 7
4.1.2. İndirekt dijital görüntüleme reseptörleri 8
4.1.2.1. Işıkla uyarılabilir fosfor (PSP) plakalar 8
4.2. Enfeksiyon ve enfeksiyon kontrolü 10
4.2.1. Enfeksiyon 10
4.2.2. Çapraz enfeksiyon 10
4.2.3. Diş hekimliğinde çapraz enfeksiyon kontrolü 11
4.2.4. Diş hekimliğinde enfeksiyon kontrolünde “standart önlemler” konsepti 11
4.3. Diş hekimliği radyolojisinde çapraz enfeksiyon kontrolü 16
4.3.1. İntraoral dijital görüntülemede enfeksiyon kontrolü 17
4.3.1.1. CCD ve CMOS sensörler için enfeksiyon kontrol protokolü 17
4.3.1.2. PSP plakalar için enfeksiyon kontrol protokolü 18
4.4. PSP sistemlerde görülen hatalar ve artefaktlar 19
4.4.1. PSP sistemlerde görülen hatalar ve artefaktların sınıflandırılması 20
4.4.1.1. Operatör kaynaklı ve teknik hatalar 21
4.4.1.2. Tarayıcı kaynaklı artefaktlar 22
4.4.1.3. Ortam ışığıyla ilişkili artefaktlar 23
4.4.1.4. Plaka ile ilişkili artefaktlar 24

4.5. Dijital radyografik görüntülerde kalite 25
4.5.1. Görüntü kalitesi 25
4.5.2. Dijital radyografik görüntü kalitesini etkileyen faktörler 26
4.5.2.1. Dansite ve parlaklık 27
4.5.2.2. Kontrast 28
4.5.2.2.1. Gri tonlama 28
4.5.2.2.2. Radyografik kontrast 28
4.5.2.3. Gürültü 29
4.5.2.4. Sinyal-gürültü oranı 29
4.5.2.5. Kontrast-gürültü oranı 30
4.5.2.6. Uniformite (homojenite) 30
4.5.3. Dijital radyografik görüntülerin kalitesinin değerlendirilmesi 30
4.5.3.1. Radyografik görüntülerin kalitesinin objektif analizi 31
4.5.3.2. Radyografik görüntülerin kalitesinin subjektif analizi 31
5. GEREÇ ve YÖNTEM 33
5.1. PSP plakaların hazırlanması ve başlangıç referans görüntülerinin elde edilmesi 34
5.2. PSP plakaların dezenfeksiyon işlemleri 34
5.3. Radyografik görüntülerin elde edilmesi 36
5.4. Radyografik görüntü kalitesinin değerlendirilmesi 37
5.4.1. Subjektif değerlendirme 37
5.4.2. Objektif değerlendirme 40
5.4.2.1. Kontrast analizi 40
5.4.2.2. Dansite, gürültü ve uniformite analizi 41
5.4.2.2.1. Dansite ve gürültü analizi 41
5.4.2.2.2. Uniformite analizi 42
5.5. Gözlemci ve Değerlendirme Koşulları 42
5.6. İstatistiksel değerlendirme 43
6. BULGULAR 44
6.1. Subjektif artefakt değerlendirmesi 44

6.1.1. Artefaktın ilk görüldüğü döngü, toplam artefakt yükü ve kenar dağılımı 44
6.1.2. Artefakt skorlarının grup ve plaka bazında dağılımı 45
6.1.3. Döngülere göre artefakt görülme oranlarının değerlendirilmesi 46
6.1.4. Gözlemci-içi uyum 48
6.2. Objektif görüntü kalitesi değerlendirmesi 49
6.2.1. Kontrast değişim yüzdesi 49
6.2.2. Dansite değişimi 51
6.2.3. Uniformite değişimi 53
6.2.4. Gürültü değişimi 55
7. TARTIŞMA ve SONUÇ 57
8. KAYNAKLAR 64
9. ÖZGEÇMİŞ 70
10. BİLİMSEL FAALİYETLER 71

KISALTMALAR

ADA: Amerikan Diş Hekimleri Birliği (*American Dental Association*)

Al: Alüminyum

CCD: Yük Bağlantılı Cihaz (*charge-coupled device*)

CDC: Amerika Birleşik Devletleri Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (*Centers for Disease Control and Prevention*)

CHX: Klorheksidin (*chlorhexidine*)

CMOS: Tamamlayıcı Metal-oksit Yarı İletken (*complementary metal-oxide semiconductor*)

CNR: Kontrast-gürültü oranı (*Contrast-to-Noise Ratio*)

EA: Etil alkol (*ethyl alcohol*)

EPA: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (*Environmental Protection Agency*)

FDA: Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (*Food and Drug Administration*)

IPA: İzopropil alkol (*isopropyl alcohol*)

LMM: Lineer karma etkili model (*Linear Mixed-Effects Model*)

PSP: Işıkla Uyarılabilir Fosfor (*photostimulable phosphor*)

ROI: İlgi Alanı (*region of interest*)

SNR: Sinyal-Gürültü Oranı (*Signal-to-Noise Ratio*)

ŞEKİLLER

Şekil 1. CCD ve CMOS sensörler için enfeksiyon kontrol protokolü: **a)** sensör ve kablosunun en az 20 cm'lik kısmının koruyucu kılıfa yerleştirilmesi, **b)** kılıfın lastik yardımıyla sabitlenmesi, **c)** ek lateks parmak eldiveni kullanımı, **d)** sensör ve kablosunun %70 alkol solüsyonu ile dezenfekte edilmesi. 18

Şekil 2. PSP plakalar için enfeksiyon kontrol protokolü: **a)** plakanın koruyucu karton içine yerleştirilmesi, **b)** kartonla kaplanmış plakanın plastik kılıfa yerleştirilmesi, **c)** ek lateks parmak eldiveni kullanımı, **d)** kılıfın alkol solüsyonu ile dezenfekte edilmesi, **e)** kılıfın dezenfekte edilmiş makasla açılması, **f)** plakanın dezenfekte edilmiş presel ile çıkarılması, **g)** plakanın alkol ile ıslatılmış mendille silinmesi. 20

Şekil 3. Çalışmanın deneysel tasarımını, görüntü elde etme sürecini ve görüntü kalitesi analizlerini gösteren akış şeması. 33

Şekil 4. Dezenfeksiyon protokollerine göre çalışmada kullanılan dezenfektanlar: **a)** IPA içeren tek kullanımlık dezenfektan mendil, **b)** %99,9 IPA içeren dezenfektan solüsyon, **c)** %60 EA + %10 IPA içeren tek kullanımlık dezenfektan mendil, **d)** %60 EA + %10 IPA içeren dezenfektan solüsyon, **e)** %70 IPA + %2 CHX içeren tek kullanımlık dezenfektan mendil, **f)** %70 IPA + %2 CHX içeren dezenfektan solüsyon. 35

Şekil 5. Standardize edilmiş radyografik görüntüleme düzeneği. Pleksiglas düzenek üzerinde **a)** PSP plaka yüzeyine yerleştirilmiş Al step-wedge, **b)** PSP plaka yüzeyine yerleştirilmiş akrilik blok. 36

Şekil 6. Dezenfeksiyon prosedürü ve görüntü gruplarının oluşturulmasına ait akış şeması. 38

Şekil 7. Subjektif analiz için görüntü gruplarının oluşturulmasına ait akış şeması. 39

Şekil 8. Objektif görüntü kalitesi analizlerinde kullanılan ROI yerleşimleri: **a)** kontrast analizi için Al step-wedge görüntüsü üzerinde ROI'lerin konumlandırılması, **b)** dansite ve gürültü analizi için akrilik blok görüntüsünde merkezi ROI'nin seçimi, **c)** uniformite analizi için akrilik blok görüntüsünde 5 ROI'nin konumlandırılması. 42

Şekil 9. Dezenfeksiyon gruplarında başlangıç, 1., 5., 10., 15. ve 20. döngülerde elde edilen akrilik blok görüntüleri. 48

TABLOLAR

Tablo 1. Alet ve malzemelerin kritiklik derecesine göre önerilen enfeksiyon kontrol yöntemleri. 13
Tablo 2. Dezenfeksiyon grupları, kullanılan dezenfektanlar ve uygulama yöntemleri. 35
Tablo 3. Artefaktın ilk görüldüğü döngü, toplam artefakt yükü ve kenar dağılımı. 45
Tablo 4. Artefakt skorlarının grup ve plaka bazında dağılımı. 45
Tablo 5. Döngülere göre artefakt görülme oranlarının dezenfeksiyon grupları arasında karşılaştırılması. 47
Tablo 6. Gözlemci-içi tutarlılık sonuçları. 48
Tablo 7. Her bir döngü ve grup için kontrast değişim yüzdesi değerleri. 49
Tablo 8. Kontrast değişim yüzdesi için lineer karma model sonuçları. 50
Tablo 9. Kontrast değişim yüzdesinin yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı. 50
Tablo 10. Her bir döngü ve grup için dansite değişim değerleri. 51
Tablo 11. Dansite değişimi için lineer karma model sonuçları. 52
Tablo 12. Dansite değişim değerlerinin yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı. 52
Tablo 13. Her bir döngü ve grup için uniformite değişim değerleri. 53
Tablo 14. Uniformite değişimi için lineer karma model sonuçları. 54
Tablo 15. Uniformite değişim değerlerinin yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı. 54
Tablo 16. Her bir döngü ve grup için gürültü değişim değerleri. 55
Tablo 17. Gürültü değişimi için lineer karma model sonuçları. 56
Tablo 18. Gürültü değişim değerlerinin yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı. 56
Tablo 19. PSP plakaların dezenfeksiyonu sonrası görüntü kalitesi üzerine yapılan çalışmalar. 58

1. ÖZET

Tezin Başlığı	İntraoral İndirekt Dijital Görüntülemede Farklı Enfeksiyon Kontrol Prosedürlerinin Görüntü Kalitesi Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi
Öğrenci	Birdal AYKUT
Danışman	Prof. Dr. Birsay GÜMRÜ TARÇIN
Program	Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Uzmanlık

Amaç: İntraoral indirekt dijital görüntülemede, farklı dezenfektan formülasyonu ve uygulama yöntemine sahip dezenfeksiyon protokollerinin subjektif görüntü artefaktları ve objektif görüntü kalitesi üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: On iki adet 2 numara ışıkla uyarılabilir fosfor (PSP) plaka 6 gruba ayrılmıştır. İzopropil alkol (IPA), etil alkol (EA) + IPA ve IPA + klorheksidin (CHX) içeren formülasyonlar mendil ve sprey yöntemi ile uygulanmıştır. Her plaka, 5 silme işleminden oluşan 20 dezenfeksiyon döngüsüne tabi tutulmuştur. Akrilik blok görüntülerinde subjektif artefakt analizi yapılmış; objektif değerlendirmede kontrast değişim yüzdesi, dansite, uniformite ve gürültü değişimleri incelenmiştir. İstatistiksel analizde kategorik analizler ve lineer karma etkili modeller kullanılmıştır.

Bulgular: Artefaktlar erken döngülerde ortaya çıkmış ve döngülerin tekrarlanmasıyla artefakt yükü artmıştır. En düşük artefakt yükü IPA mendil protokolünde, en yüksek artefakt yükü ise IPA + CHX protokollerinde saptanmıştır. Artefakt oranları 2., 4., 5. ve 10.–20. döngülerde gruplar arasında anlamlı farklılık göstermiştir. Grup içi karşılaştırmalarda IPA mendil grubunda anlamlı değişiklik görülmezken, diğer gruplarda zamanla anlamlı artışlar gözlenmiştir. Kontrast değişim yüzdesi ve gürültü değişimi; döngü, uygulama yöntemi veya dezenfektan maddeden anlamlı düzeyde etkilenmemiştir. Dansite ve uniformite değişimleri ise yalnızca dezenfektan maddeden anlamlı düzeyde etkilenmiştir.

Sonuç: Tekrarlayan dezenfeksiyon işlemleri PSP plakalarda artefakt yükünün artmasıyla ilişkili bulunmuştur. Objektif görüntü kalitesindeki değişiklikler ise daha sınırlı olup esas olarak dezenfektan formülasyonuna bağlıdır. Bu nedenle PSP plakalar için dezenfeksiyon protokolü seçilirken çapraz enfeksiyonun önlenmesinin yanı sıra reseptör bütünlüğü ve radyografik görüntü kalitesinin korunması da dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Artefakt, çapraz enfeksiyon, dezenfeksiyon, görüntü kalitesi, PSP plaka

2. SUMMARY

Title of Thesis	Evaluation of the Effects of Different Infection Control Procedures on Image Quality in Intraoral Indirect Digital Imaging
Student	Birdal AYKUT
Supervisor	Prof. Birsay GÜMRÜ TARÇIN
Program	Specialty in Dentomaxillofacial Radiology

Objective: To compare the effects of disinfection protocols with different disinfectant formulations and application methods on subjective artefact formation and objective image quality in intraoral indirect digital imaging.

Material and Method: Twelve size-2 photostimulable phosphor (PSP) plates were divided into 6 groups. Formulations containing isopropyl alcohol (IPA), ethyl alcohol (EA) + IPA, and IPA + chlorhexidine (CHX) were applied using wipe and spray methods. Each plate underwent 20 disinfection cycles, each consisting of 5 wiping procedures. Subjective artefact analysis was performed on acrylic block images; objective assessment included percentage contrast change, density, uniformity, and noise changes. Categorical analyses and linear mixed-effects models were used for statistical analysis.

Results: Artefacts appeared in the early cycles, and artefact burden increased with repeated disinfection. The lowest artefact burden was observed in the IPA wipe group, whereas the highest was found in the IPA + CHX protocols. Artefact rates differed significantly between groups at cycles 2, 4, 5, and 10–20. Intragroup comparisons showed no significant change in the IPA wipe group, whereas the other groups showed significant increases over time. Percentage contrast change and noise change were not significantly affected by cycle, application method, or disinfectant agent. Density and uniformity changes were significantly influenced only by disinfectant agent.

Conclusion: Repeated disinfection procedures were associated with increased artefact burden in PSP plates. Objective image quality changes were more limited and primarily related to disinfectant formulation. Therefore, when selecting a disinfection protocol for PSP plates, preservation of receptor integrity and radiographic image quality should also be considered in addition to prevention of cross-infection.

Keywords: Artefact, cross-infection, disinfection, image quality, PSP plate

3. GİRİŞ ve AMAÇ

Radyografik değerlendirme, X-ışınlarının keşfi ve ilk dental radyografinin elde edilmesinden bu yana diş hekimliğinde tanı sürecinin önemli bir bileşeni olmuştur (dos Santos Accioly Lins ve ark., 2021). Dental radyografiler; klinik muayeneyi desteklemek, anatomik yapıları değerlendirmek ve patolojik oluşumları görüntülemek amacıyla rutin diş hekimliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda özellikle intraoral ve panoramik radyografiler en sık başvurulan görüntüleme yöntemleri arasında yer almaktadır (Yoshida ve ark., 2018; Kamburoğlu ve ark., 2022). X-ışını sistemlerindeki teknolojik yenilikler ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucunda dijital görüntüleme, geleneksel radyografi sistemlerine alternatif olarak yaygınlaşmış; tıbbi görüntüleme alanındaki bu dönüşüm, 1980'li yılların sonlarından itibaren diş hekimliği uygulamalarına da yansımıştır.

Geleneksel görüntüleme sistemlerinde kullanılan tek kullanımlık intraoral radyografik filmlerin aksine, intraoral dijital görüntü reseptörleri her yeni hastada tekrar tekrar kullanılmaktadır. Bu durum, uygun bariyer kullanımı ve dezenfeksiyon sağlanmadığında hastalar arasında çapraz kontaminasyon riskini artırabilmektedir (Wenzel ve ark., 2013; Correia-Dantas ve ark., 2023). Özellikle diş hekimliği fakülteleri gibi dijital reseptörlerin çok sayıda hastada ve birden fazla operatör tarafından kullanıldığı klinik ortamlarda enfeksiyon kontrolünün sağlanması daha da önem kazanmaktadır (Gumru ve ark., 2021).

İntraoral dijital görüntüleme reseptörleri, oral mukozayla temas etmeleri ve tekrar kullanılmaları nedeniyle enfeksiyon kontrolü açısından dikkatle ele alınmalıdır. Mevcut çalışmalar; dijital reseptörlerin ısı ile sterilize edilememesi, yüksek düzey dezenfektanlara tamamen daldırılamaması, plastik koruyucu kılıfların açılması sırasında yaşanan pratik güçlükler ve reseptörlerin koruyucu kılıftan çıkarılması sırasında kontaminasyon oluşabilmesi gibi sorunları ortaya koymuştur (Hubar ve Gardiner, 2000; Negron ve ark., 2005; MacDonald ve Waterfield, 2011). Bu nedenle dijital reseptörlerin kullanımında bariyer uygulamaları ve uygun dezenfeksiyon protokolleri klinik iş akışının önemli bir parçasını oluşturmaktadır.

Çapraz kontaminasyonu azaltmak amacıyla çift bariyer kullanımı ve izopropil alkol (IPA), etil alkol (EA), klorheksidin glukonat (CHX) gibi aktif bileşenler içeren dezenfektanların farklı uygulama yöntemleriyle kullanılması önerilen yaklaşımlar arasında yer almaktadır (Wenzel ve ark., 1999; Negron ve ark., 2005; MacDonald ve Waterfield, 2011; Wenzel ve ark., 2013; de Souza ve ark., 2017; Gumru ve ark., 2021). Bununla birlikte, kullanılan

dezenfektanların ve uygulama yöntemlerinin dijital görüntüleme reseptörlerinin yüzey bütünlüğünü ve elde edilen radyografik görüntülerin kalitesini etkileyebilme olasılığı bulunmaktadır. Özellikle ışıkla uyarılabilir fosfor (*photostimulable phosphor* - PSP) plakalar, esnek ve tekrar kullanılabilir yapıları nedeniyle klinik kullanımda avantaj sağlamakla birlikte mekanik ve kimyasal etkilere karşı hassastır. Bu nedenle farklı dezenfeksiyon protokollerinin PSP plakalarda artefakt oluşumu ve görüntü kalitesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi klinik açıdan önem taşımaktadır (Correia-Dantas ve ark., 2023).

Literatürde, farklı enfeksiyon kontrol prosedürlerinin intraoral indirekt dijital görüntü kalitesi üzerindeki etkisini hem subjektif hem de objektif yöntemlerle birlikte değerlendiren çalışmalar sınırlıdır (Correia-Dantas ve ark., 2023; Ruiz ve ark., 2024; Borge ve ark., 2026). Bu tez çalışmasının amacı, intraoral indirekt dijital görüntülemede kullanılan PSP plakaların farklı dezenfektan formülasyonları ve uygulama yöntemleri ile tekrarlayan dezenfeksiyon işlemlerine tabi tutulması sonrasında elde edilen radyografik görüntülerde oluşabilecek artefaktların subjektif olarak; kontrast, dansite, uniformite ve gürültü gibi görüntü kalitesi parametrelerinin ise objektif olarak değerlendirilmesidir.

4. GENEL BİLGİLER

Dental radyografi sistemleri, görüntü elde etme yöntemi ve kullanılan reseptör tipine göre genel olarak geleneksel ve dijital görüntüleme sistemleri olmak üzere iki grupta incelenir. Geleneksel görüntüleme sistemlerinde görüntü doğrudan film üzerinde oluşurken, dijital görüntüleme sistemlerinde reseptöre ulaşan sinyal sayısallaştırılarak görüntü oluşturulur (White ve Pharoah, 2013; Yurttaş, 2024).

Geleneksel görüntüleme sistemlerinde, görüntünün ortaya çıkarılması için kimyasal banyo işlemlerinden geçirilen gümüş halid emülsiyon kaplı dental filmler kullanılmaktadır (Yoshida ve ark., 2018). 1980'lerin ortalarına kadar tek seçenek olarak kullanılan bu analog radyografik filmler, klinik uygulamalarda ve diş hekimliği eğitiminde önemli bir yere sahip olmuştur. Bununla birlikte geleneksel sistemler; banyo işlemleri nedeniyle zaman alıcı olmaları, kimyasal solüsyonlara ihtiyaç duymaları, arşivleme ve görüntü paylaşımında sınırlılık göstermeleri ve dijital sistemlere kıyasla daha yüksek radyasyon dozu gerektirmeleri gibi çeşitli dezavantajlara sahiptir (dos Santos Accioly Lins ve ark., 2021; Elkhateeb ve ark., 2022).

4.1. Dijital Görüntüleme Sistemleri

Dental radyografilerde dijital çağın başlangıcı, 1984 yılında Trophy Radiologie (Vincennes, Fransa) şirketi tarafından Avrupa'da tanıtılan ve 1987 yılında Dr. Frances Mouyen tarafından RadioVisioGraphy (RVG) adı verilen sistemin piyasaya sunulmasıyla gerçekleşmiştir (Parks ve Williamson, 2002; Singer, 2017). Dijital görüntüleme sistemleri, geleneksel görüntüleme sistemleriyle karşılaştırıldığında; hastanın ve hekimin maruz kaldığı radyasyon dozunun azalması, karanlık oda işlemlerine ve kimyasal banyo solüsyonlarına ihtiyaç duyulmaması, görüntünün kısa sürede elde edilebilmesi, görüntü üzerinde çeşitli düzenleme işlemlerinin yapılabilmesi ve arşivleme kolaylığı sağlaması gibi birçok avantaja sahiptir (Roberts ve Mol, 2004; Wenzel ve Møystad, 2010; Ludlow ve Mol, 2014; Elkhateeb ve ark., 2022).

Dijital görüntüleme sistemlerinde, X-ışını maruziyeti sonrasında reseptöre ulaşan analog bilgi elektronik olarak algılanır ve sayısallaştırılır. Bu süreçte, reseptörden elde edilen sinyal bilgisayar ortamında belirli voltaj aralıklarına ayrılır ve her aralığa sayısal bir değer atanır. Böylece analog sinyal dijital veriye dönüştürülür. Elde edilen dijital veri bilgisayar ekranında görüntülenebilir, saklanabilir, gerektiğinde işlenebilir ve elektronik ortamda paylaşılabilir (van der Stelt, 2005; dos Santos Accioly Lins ve ark., 2021).

Dijital görüntüleme sistemleri, kullanılan reseptör teknolojisine göre temel olarak iki grupta sınıflandırılmaktadır. Birinci grubu; kablolu veya kablosuz olabilen katı hal sensörlerle temsil edilen direkt dijital sistemler oluşturur. Bu sistemlerde yük bağlantılı cihaz (*charge-coupled device* – CCD) veya tamamlayıcı metal-oksit yarı iletken (*complementary metal-oxide semiconductor* – CMOS) teknolojileri kullanılmaktadır. İkinci grubu ise PSP plakaların kullanıldığı indirekt dijital sistemler oluşturur (White ve Pharoah, 2013; dos Santos Accioly Lins ve ark., 2021; Kamburoğlu ve ark., 2022).

Direkt dijital görüntüleme sistemlerinde görüntü, X-ışını maruziyetini takiben sensörden doğrudan bilgisayara aktarılır. İndirekt dijital görüntüleme sistemlerinde ise görüntü bilgisi önce PSP plakada latent görüntü şeklinde depolanır, daha sonra özel bir tarayıcı aracılığıyla okunarak dijital görüntüye dönüştürülür. Bu nedenle direkt ve indirekt sistemler, görüntünün elde edilme ve bilgisayara aktarılma şekli bakımından birbirinden ayrılmaktadır.

Katı hal teknolojisine dayalı direkt dijital reseptörler uzun süredir diş hekimliğinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, PSP plakaların kullanıldığı indirekt dijital sistemlerin klinik kullanım sıklığının son yıllarda arttığı bildirilmektedir. Her iki reseptör tipinin kendine özgü avantajları ve sınırlılıkları bulunmaktadır (American Dental Association Council on Scientific Affairs, 2006; Gumru ve ark., 2021; Elkhateeb ve ark., 2022). Bu nedenle reseptör seçimi; klinik kullanım amacı, hasta konforu, görüntü kalitesi, maliyet, kullanım kolaylığı ve enfeksiyon kontrolü gibi birçok faktör dikkate alınarak yapılmalıdır.

4.1.1. Direkt dijital görüntüleme reseptörleri

4.1.1.1. Yük bağlantılı cihaz (CCD) reseptörleri

CCD tabanlı intraoral dijital görüntüleme sistemleri, 1987 yılında diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmış ve dijital intraoral görüntülemenin ilk örnekleri arasında yer almıştır (White ve Pharoah, 2013). Katı hal teknolojisine dayalı sensörlerin önemli bir kısmı CCD teknolojisi temelinde geliştirilmiştir (van der Stelt, 2005).

CCD; saf silikon bir çip üzerinde düzenlenmiş X-ışınına veya ışığa duyarlı piksel dizisinden oluşan bir katı hal reseptörüdür (Parks ve Williamson, 2002). Sensöre ulaşan X-ışını fotonlarının enerjisi, sistemin tasarımına bağlı olarak çoğunlukla sensörün ön yüzünde yer alan sintilasyon tabakası aracılığıyla görünür ışığa dönüştürülür. Oluşan ışık fotonları CCD çipi tarafından algılanır ve elektronik sinyale çevrilir. Bu dönüşümün verimliliğini artırmak amacıyla sintilasyon tabakası CCD yüzeyine doğrudan kaplanabilir veya fiberoptik bir plaka aracılığıyla sensör yüzeyine bağlanabilir.

CCD sensörlerde oluşan elektronik sinyal, sensör ile bilgisayar arasındaki bağlantı aracılığıyla bilgisayara iletilir ve dijital görüntü oluşturulur (van der Stelt, 2005; White ve Pharoah, 2013). Bu sistemler, görüntünün kısa sürede elde edilmesini sağlamaları nedeniyle klinik kullanımda önemli avantajlar sunmuştur. Ancak sensör yapısının rijit olması, bazı modellerde kablo bağlantısına ihtiyaç duyulması ve sensör kalınlığının intraoral konumlandırmayı zorlaştırabilmesi gibi sınırlılıkları bulunmaktadır.

4.1.1.2. Tamamlayıcı metal-oksit yarı iletken (CMOS) reseptörleri

Bir diğer katı hal reseptör tipi olan CMOS sensörler, CCD sensörlerden sonra geliştirilmiş ve 1998 yılında kullanıma sunulmuştur (Attaelmanan ve ark., 2001; Yoshida ve ark., 2018). CMOS teknolojisi, dijital kamera sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir (White ve Pharoah, 2013).

CMOS sensörler, CCD sensörlere benzer şekilde piksel dizisinden oluşur; ancak yüklerin aktarılması, okunması ve işlenmesi bakımından CCD sistemlerden farklılık gösterir (Sanderink ve Miles, 2000; dos Santos Accioly Lins ve ark., 2021). CMOS çiplerinde, foton enerjisinin elektronik sinyale dönüştürülmesini ve bu sinyalin okunmasını sağlayan elektronik bileşenlerin önemli bir bölümü çip yapısına entegre edilmiştir (van der Stelt, 2005). Bu yapısal özellik, CMOS sensörlerin daha düşük güç tüketimiyle çalışmasına ve üretim maliyetinin azalmasına katkı sağlamaktadır.

Çoğu CMOS sensörde sensör ile bilgisayar arasında kablo bağlantısı bulunmakla birlikte, kablosuz sistemler de geliştirilmiştir. Kablosuz sensörlerde çip üzerinde depolanan bilgiler radyo dalgalarına dönüştürülmekte ve bilgisayara bağlı sabit bir alıcı aracılığıyla iletilmektedir (Wenzel ve Møystad, 2010). Bu özellik, klinik kullanım sırasında kablo bağlantısına bağlı hareket kısıtlılığını azaltabilmektedir.

CMOS sensörlerin tasarım entegrasyonu; düşük güç gereksinimi, üretilebilirlik ve düşük maliyet gibi avantajlar sağlamaktadır (Parks ve Williamson, 2002). CCD sensörlere benzer çözünürlük sunabilen bu sistemler, aktif piksel teknolojisini kullanmakta ve yük transferi ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle çalışmaları için CCD sistemlere kıyasla daha az sistem gücü gerektirebilmektedir (Jayachandran, 2017; Miles, 2001; Singer, 2017). Bununla birlikte CMOS sensörlerde aktif görüntüleme alanı bazı modellerde daha küçük olabilmekte ve bu durum klinik kullanımda görüntüleme alanı açısından sınırlılık oluşturabilmektedir (Sanderink ve Miles, 2000; Parks ve Williamson, 2002).

4.1.2. İndirekt dijital görüntüleme reseptörleri

4.1.2.1. Işıkla uyarılabilir fosfor (PSP) plakalar

PSP sistemler tıp alanında 1983 yılında kullanılmaya başlanmış, daha sonra diş hekimliğinde intraoral görüntüleme amacıyla 1994 yılında kullanıma sunulmuştur (Yoshida ve ark., 2018). Depolama fosfor plakalar (*storage phosphor plate*) olarak da adlandırılan bu sistemlerde, geleneksel radyografik filmin yerine europium ile aktive edilmiş baryum florohalid bileşiğinin kristal emülsiyonu ile kaplanmış esnek polyester tabandan oluşan PSP plakalar kullanılmaktadır. Bu plakalar X-ışınlarına maruz kaldığında enerjiyi depolamakta ve plaka üzerinde latent, yani gizli görüntü oluşmaktadır. Depolanan bu enerjinin görünür ışık şeklinde açığa çıkarılması için PSP plakalar her sistemin kendi lazer tarayıcısı aracılığıyla okunmaktadır (Petrikowski, 2005; van der Stelt, 2005; Singer, 2017; dos Santos Accioly Lins ve ark., 2021).

Tarama sırasında tarayıcı, PSP plakayı kırmızıya yakın dalga boylarında kolime edilmiş ince bir lazer ışınıyla tarar. Lazer ışını, plakada depolanmış enerjinin serbest bırakılmasını sağlar ve açığa çıkan ışık sinyali sistem tarafından algılanır. Elde edilen optik bilgi elektrik sinyaline, ardından analog-dijital dönüştürücü aracılığıyla sayısal verilere dönüştürülür. Bu işlem sonucunda bilgisayar ekranında dijital radyografik görüntü oluşturulur (Jayachandran, 2017; dos Santos Accioly Lins ve ark., 2021).

PSP plakalar ile CCD/CMOS sensörler arasındaki temel fark, görüntünün elde edilme biçimidir. Sensör tabanlı direkt dijital sistemlerde görüntü ekspozürden hemen sonra bilgisayara aktarılırken, PSP sistemlerde görüntü bilgisi önce plaka üzerinde depolanır ve ardından tarayıcı aracılığıyla okunur (Wenzel ve Møystad, 2010; Sampaio-Oliveira ve ark., 2025). Bu nedenle PSP sistemlerde görüntünün elde edilmesi için ek bir tarama aşaması gereklidir. Buna karşın PSP plakaların kablosuz, ince ve esnek yapıda olmaları, geleneksel intraoral filmlere benzer kullanım kolaylığı sağlamaları ve farklı boyut seçeneklerinin bulunması klinik kullanım açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

PSP plakalar, geleneksel intraoral radyografik filmlere benzer aktif yüzey alanlarına ve esnekliğe sahip çeşitli boyutlarda üretilebilmektedir. Kablosuz olmaları, daha geniş pozlama enlemine sahip olmaları, hasta konforunu artırmaları ve bazı klinik durumlarda diğer sensörlere kıyasla yeniden çekim gereksinimini azaltabilmeleri nedeniyle görüntüleme merkezlerinde ve diş hekimliği fakültesi klinikleri gibi yoğun hasta akışına sahip eğitim ortamlarında tercih edilmektedir (Berkhout ve ark., 2002; Geist ve Katz, 2002; American Dental Association Council on Scientific Affairs, 2006; Kalathingal ve ark., 2009; Matzen

ve ark., 2009; Wenzel ve Møystad, 2010; Hunter ve ark., 2014; Ludlow ve Mol, 2014; Gumru ve ark., 2021).

Bununla birlikte PSP plakaların bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Esnek yapıları kullanım kolaylığı sağlamakla birlikte, bu plakalar bükülmeye, çizilmeye, kenar hasarlarına ve yüzey kontaminasyonuna karşı hassastır. Kullanım sırasında ortaya çıkan çizik, leke, basınç izi veya yüzey hasarı gibi değişiklikler radyografik görüntülerde artefakt oluşumuna neden olabilir ve görüntü kalitesini olumsuz etkileyebilir (dos Santos Accioly Lins ve ark., 2021; Elkhateeb ve ark., 2022). Ayrıca plakaların tarama öncesinde ortam ışığına maruz kalması, latent görüntüde sinyal kaybına yol açarak görüntü kalitesini etkileyebilir.

Geleneksel görüntüleme sistemlerinde kullanılan intraoral radyografik filmlerin tek kullanımlık olmasına karşın, intraoral dijital görüntü reseptörleri, hem CCD/CMOS sensörler hem de PSP plakalar, farklı hastalarda tekrar tekrar kullanılmaktadır. Bu reseptörlerin ısıyla sterilize edilememesi veya yüksek düzey dezenfektanlara tamamen daldırılamaması, enfeksiyon kontrolü açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır (Hokett ve ark., 2000; Hubar ve Gardiner, 2000; Koch ve ark., 2000; Parks ve Williamson, 2002; Kalathingal ve ark., 2009; Matzen ve ark., 2009; Wenzel ve Møystad, 2010; MacDonald ve Waterfield, 2011; Choi, 2015; Gumru ve ark., 2021). Dijital sistemlerin kullanıma girmesiyle birlikte, geleneksel film sistemlerinde aynı ölçüde karşılaşılmayan reseptör kaynaklı çapraz kontaminasyon riski gündeme gelmiş ve intraoral dijital reseptörlerin kullanımında bariyer uygulamaları ile uygun dezenfeksiyon protokollerinin önemi artmıştır (Gumru ve ark., 2021).

PSP plakaların tekrar kullanılabilir yapısı, bu reseptörlerin hem enfeksiyon kontrolü hem de görüntü kalitesinin sürdürülebilirliği açısından dikkatle değerlendirilmesini gerektirir. Klinik kullanımda koruyucu kılıflar çapraz kontaminasyon riskini azaltmak amacıyla kullanılsa da kılıfların çıkarılması sırasında kontaminasyon oluşabilmesi, plaka yüzeyinin dezenfeksiyonunu gerekli hale getirebilir. Ancak tekrarlayan dezenfeksiyon işlemleri ve kullanılan kimyasal ajanlar, PSP plaka yüzeyinde fiziksel veya kimyasal değişikliklere yol açarak artefakt oluşumunu ve görüntü kalitesini etkileyebilir. Bu nedenle PSP plakalarda uygulanacak enfeksiyon kontrol protokollerinin yalnızca mikrobiyolojik güvenlik açısından değil, aynı zamanda reseptör bütünlüğü ve radyografik görüntü kalitesi açısından da değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

4.2. Enfeksiyon ve enfeksiyon kontrolü

4.2.1. Enfeksiyon

Enfeksiyon, mikroorganizmaların vücuda girerek canlılıklarını sürdürebilmeleri ve çoğalabilmeleri sonucunda ortaya çıkan biyolojik süreç olarak tanımlanmaktadır. Bazı enfeksiyonlar klinik belirti vermeden subklinik ya da asemptomatik seyredebilir. Klinik bulgu göstermediği halde enfekte olan bireyler "taşıyıcı" ya da "asemptomatik taşıyıcı" olarak tanımlanır. Taşıyıcılar hastalıkların yayılmasında önemli bir kaynak oluşturabilir ve çoğu zaman enfekte olduklarının farkında değildir (Külekçi, 2000).

Mikroorganizmaların dokuda hasar oluşturması sonucunda enfeksiyöz hastalıklar ortaya çıkar. Enfeksiyöz hastalıkların gelişiminde mikroorganizmanın sayısı (doz), hastalık oluşturabilme yeteneği (virülans) ve konak savunması (direnç) temel belirleyicilerdir. Enfeksiyon hastalığının ortaya çıkması bu faktörler arasındaki etkileşime bağlıdır ve şu şekilde formüle edilebilir (Külekçi, 2000; Nohutcu, 2000):

$$\text{Enfeksiyon hastalığı} = \frac{\text{Mikroorganizmanın Dozu x Virülansı}}{\text{Vücut Direnci}}$$

Yüksek doz, yüksek virülans ve düşük konak direnci enfeksiyon gelişme olasılığını artırır. Buna karşılık düşük doz, düşük virülans ve yüksek konak direnci sağlıklı durumun korunmasıyla ilişkilidir (Külekçi, 2000; Nohutcu, 2007).

4.2.2. Çapraz enfeksiyon

Çapraz enfeksiyon, patojen mikroorganizmaların sağlık personeli, hastalar veya çevresel yüzeyler arasında geçişi olarak tanımlanmaktadır. Gerekli önlemlerin alınmaması durumunda enfeksiyon etkenleri hasta bireyden sağlıklı bireye, sağlık personeline veya başka hastalara taşınabilir (Akpınar ve ark., 2013; Atalay ve ark., 2014; Arısoy, 2019).

Diş hekimliği uygulamalarında patojen mikroorganizmalar; doğrudan veya dolaylı temas, damlacık, aerosol, kontamine alet ve ekipmanlar ile kan ve tükürük yoluyla bulaşabilmektedir. Bu bulaş; diş hekimi, yardımcı personel, hastalar ve laboratuvar çalışanları açısından risk oluşturabilir (Nohutcu, 2007; Kohli ve Puttaiah, 2008).

Ağız boşluğu sekresyon ve vaskülarizasyon açısından zengin bir yapıya sahiptir. Bu nedenle diş hekimleri, gerekli enfeksiyon kontrol önlemlerini almadıklarında hem kendileri hem de hastaları için bulaş riski oluşturabilir.

4.2.3. Diş hekimliğinde çapraz enfeksiyon kontrolü

Çapraz enfeksiyon kontrolü; mikroorganizma dozu, virülansı ve konak direnci arasındaki dengenin "sağlık" lehine değiştirilmesiyle sağlanabilir. Mikroorganizmaların virülansını doğal ortamında değiştirmek güçtür. Konak direnci aşılama ile artırılabilse de tüm enfeksiyon hastalıklarını önleyecek bir aşı bulunmamaktadır. Bu nedenle enfeksiyon kontrolünde etkin biçimde değiştirilebilecek temel faktör mikroorganizma dozudur. Mikroorganizma dozunun azaltılması, enfeksiyon kontrolünün temel amacını oluşturur (Nohutcu, 2000).

Ağız sıvılarından mikroorganizmaların yayılmasını azaltmak için uygun bariyer önlemleri alınmalıdır. Maske, eldiven, koruyucu gözlük ve koruyucu giysi kullanımı, vücut ve yüzey kontaminasyonunu en aza indirmeye yardımcı olur. Aletlerin temizlenmesi, dezenfeksiyonu ve sterilizasyonu bir hastadan diğerine mikroorganizma geçişini azaltır veya ortadan kaldırır. El hijyeni, yüzey temizliği ve dezenfeksiyon işlemleri ise temas yoluyla bulaşabilecek mikroorganizma miktarının kontrol altına alınmasını sağlar (Nohutcu, 2000).

Diş hekimleri ve yardımcı personel; hastalarını, kendilerini, ailelerini ve toplumun diğer bireylerini enfeksiyon geçişinden korumak için dental işlemlerin tüm aşamalarında gerekli önlemleri almakla yükümlüdür.

4.2.4. Diş hekimliğinde enfeksiyon kontrolünde "standart önlemler" konsepti

Potansiyel olarak enfekte bireyleri yalnızca tıbbi öykü ve klinik muayene ile belirlemek her zaman mümkün değildir. Bu nedenle Amerika Birleşik Devletleri Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (*Centers for Disease Control and Prevention* - CDC), tüm hastaların potansiyel olarak enfekte kabul edilmesi gerektiğini bildirmekte ve tedavi süresince patojen mikroorganizmaların bulaşmasını ortadan kaldırmak veya en aza indirmek amacıyla her hastada aynı koruyucu önlemlerin uygulanmasını esas alan "standart önlemler" yaklaşımını önermektedir (Centers for Disease Control and Prevention, 2004; Silva ve ark., 2004; American Dental Association Council on Scientific Affairs, 2006; MacDonald ve Waterfield, 2011; Malta ve ark., 2016; Gumru ve ark., 2021).

Standart önlemler birkaç başlık altında değerlendirilmektedir:

1. **Bariyer teknikleri**

a. **Eldiven:** Deri, mukoza, vücut sıvıları veya vücut sıvılarıyla kontamine yüzey ve aletlerle temas edileceği durumlarda eldiven kullanılmalıdır. Eldivenler her hastada değiştirilmelidir. Eldivenlerin su, sabun veya kimyasal ajanlarla yıkanarak tekrar

kullanılması enfeksiyon kontrolünü tehlikeye sokabileceğinden önerilmemektedir (Alpaslan, 2000; Kohli ve Puttaiah, 2008).

b. **Maske:** Kan ve tükürük gibi vücut sıvılarının yüze, oral ve nazal mukozaya sıçramasını önlemek amacıyla cerrahi maske veya yüz koruyucu kullanılmalıdır (Alpaslan, 2000; Esen, 2007; Kohli ve Puttaiah, 2008).

c. **Koruyucu gözlük:** Sıçrayan vücut sıvılarından gözleri korumak amacıyla koruyucu gözlük veya yüz koruyucu kullanılmalıdır (Alpaslan, 2000; Kohli ve Puttaiah, 2008).

d. **Koruyucu giysiler:** Klinik ve laboratuvar ortamında önlük veya benzeri koruyucu giysiler giyilmelidir. Bu giysiler klinik dışı ortamlarda kullanılmamalı ve kirlendikçe temizleriyle değiştirilmelidir (Alpaslan, 2000; Kohli ve Puttaiah, 2008; Frommer ve Stabulas-Savage, 2011).

2. Kontaminasyonun sınırlandırılması

Sıçrayan damlacıklarla kontaminasyonu azaltmak amacıyla işlem öncesi ve sırasında uygun ağız gargarası kullanımı, doğru hasta pozisyonu, rubber-dam uygulaması ve yüksek çekiş gücüne sahip aspiratörlerin kullanımı önerilmektedir (Alpaslan, 2000; Kohn ve ark., 2003; Esen, 2007).

3. El hijyeni

a. **Ellerin yıkanması:** Hekim ve yardımcı personel; günün başlangıcında, eldiven giymeden önce ve eldivenleri çıkardıktan sonra ellerini yıkamalıdır. Ayrıca vücut sıvılarıyla kontamine yüzey ve nesnelere temas edilen her durumda el hijyeni sağlanmalıdır (Alpaslan, 2000; Esen, 2007; Kohli ve Puttaiah, 2008).

b. **Ellerin korunması:** İşlem sırasında eldivenin delinmesi veya yırtılması durumunda eldiven çıkarılmalı, eller yıkanmalı ve yeni eldiven giyilerek işleme devam edilmelidir. El veya parmak yaralanmalarında gerekli müdahaleler gecikmeden yapılmalıdır (Alpaslan, 2000; Kohli ve Puttaiah, 2008).

4. Keskin aletler ve iğneler

Kesici-delici aletlerin kullanımında yaralanmaları önlemek için dikkatli olunmalıdır. Enjektör iğneleri kullanılmadığı sürece koruyucu kapakları kapalı tutulmalıdır (Alpaslan, 2000).

5. Dezenfeksiyon ve sterilizasyon

a. Dezenfeksiyon ve dezenfektanlar

Dezenfeksiyon, patojen mikroorganizmaları öldürmeyi veya ortamdan uzaklaştırmayı amaçlayan, ancak sporları her zaman etkisiz hale getirmeyen bir işlemdir. Bu işlemde kullanılan kimyasal maddeler "dezenfektan" olarak adlandırılır (Uçkan, 2000; Fulford ve Stankiewicz, 2020). Dezenfeksiyon ile mikrobiyal kontaminasyon kabul edilebilir güvenlik sınırlarına çekilir; bakteriyel endosporlar büyük oranda etkilenmeyebilir (Kalathingal ve ark., 2009; Frommer ve Stabulas-Savage, 2011).

Tıbbi aletlerde olduğu gibi diş hekimliği alet ve malzemeleri de enfeksiyon yayma risklerine göre "kritik", "yarı kritik" ve "kritik olmayan" olmak üzere üç grupta değerlendirilir (Spaulding, 1968; Alpaslan, 2000; Uçkan, 2000). Favero ve Bond'un (2001) sınıflamasına göre dezenfeksiyon işlemi, alet veya malzemenin kritiklik derecesine göre yüksek, orta ve düşük düzeyde uygulanmaktadır (Tablo 1) (Uçkan, 2000).

Kullanılan aletlerin sterilizasyon öncesinde uygun şekilde temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi, diş hekimi ve yardımcı personelin enfeksiyondan korunmasına katkı sağlar. Dezenfeksiyon öncesinde aletlerin temizlenmesi, yani sanitizasyon, gereklidir (Uçkan, 2000; Kohli ve Puttaiah, 2008).

Tablo 1. Alet ve malzemelerin kritiklik derecesine göre önerilen enfeksiyon kontrol yöntemleri.

Alet/malzeme sınıfı	Tanım ve örnekler	Önerilen enfeksiyon kontrol yöntemi
Kritik alet ve malzemeler	Yumuşak veya sert dokulara penetre olan; bütünlüğü bozulmuş deri, mukoza, kan veya kan ürünleriyle doğrudan temas eden aletler. *Örnek: davyeler, elevatörler, periodontal ve cerrahi küretler, frezler, endodontik aletler*	Her kullanımdan sonra sterilizasyon. Uygun durumlarda tek kullanımlık alet tercih edilmesi.
Yarı kritik alet ve malzemeler	Yumuşak veya sert dokulara penetre olmayan ancak mukoza ile temas eden alet ve malzemeler. *Örnek: ağız aynaları, preseller, tekrar kullanılabilir ölçü kaşıkları, amalgam veya siman fulvarları*	Her kullanımdan sonra sterilizasyon. Uygun durumlarda tek kullanımlık alet tercih edilmesi. Isıya duyarlı materyallerde yüksek düzey dezenfeksiyon.
Kritik olmayan alet ve malzemeler	Mukozaya temas etmeyen, yalnızca devamlılığı bozulmamış deriyle temas eden alet ve ekipmanlar. *Örnek: röntgen cihazı konu, stetoskop*	Tek kullanımlık bariyer kullanımı. Düşük veya orta düzey dezenfeksiyon.

Yanlış dezenfektan seçimi, uygun olmayan konsantrasyon, yetersiz temas süresi, dezenfektan solüsyonun uzun süre kullanılması veya kapağı açık bırakılan solüsyonun buharlaşması dezenfeksiyon etkinliğini azaltabilir. Dezenfekte edilen aletler, üzerlerindeki kimyasal kalıntıların uzaklaştırılması amacıyla steril serum fizyolojik ile durulanmalıdır (Uçkan, 2000).

CDC, yüzey dezenfeksiyonunda "sil-at-sil" tekniğini desteklemektedir. Bu teknikte ilk aşamada yüzey, uygun bir deterjan/dezenfektan ile ıslatılmış mendille temizlenir ve mendil atılır. İkinci aşamada yeni bir mendille yüzey dezenfekte edilir. Dezenfektanlar genellikle sıvı spreyler ve önceden ıslatılmış mendiller şeklinde kullanılmaktadır (Fulford ve Stankiewicz, 2020; Patiño-Marín ve ark., 2025).

Dezenfektanın sprey şeklinde uygulanması, yüzeye homojen yayılmasına ve ulaşılması güç alanlarla temas etmesine yardımcı olabilir. Ancak uygulama sırasında kişisel koruyucu ekipman kullanılmalı ve üretici talimatlarına uyulmalıdır. Dezenfektanın düşük konsantrasyonda ve kısa temas süresinde etkili olması klinik kullanım açısından avantaj sağlar (Uçkan, 2000).

Dezenfektanlar, dekontaminasyon sürecinin temel bileşenlerinden biridir. Antimikrobiyal etkileri; mikroorganizma çoğalmasını inhibe edici etki ve öldürücü etki olmak üzere iki şekilde ortaya çıkabilir. Bakteriyostatik ve fungistatik etki çoğalmayı baskılarken; sporisidal, bakterisidal, fungisidal ve virüsidal etki mikroorganizmaların yok edilmesini sağlar (Patiño-Marín ve ark., 2025).

Dezenfektanlar çeşitli aktif kimyasal maddeler içerir. Piyasada bulunan aktif maddeler arasında alkoller, klor bileşikleri, aldehitler, peroksijen bileşikleri ve kuaterner amonyum bileşikleri yer almaktadır. Alkol, orto-fitalaldehit, hidrojen peroksit, perasetik asit ve glutaraldehit yaygın kullanılan dezenfektanlar arasındadır (Patiño-Marín ve ark., 2025).

IPA ve EA, suda %60-90 oranlarında çözelti halinde kullanıldığında bakteri proteinlerinin denatürasyonunu sağlayarak bakterilerin, mantarların ve çoğu virüsün vejetatif formlarını etkisiz hale getirebilmektedir. EA uzun süredir cilt antisepsisi amacıyla kullanılmakta; etkinliğini artırmak amacıyla iyot ve CHX gibi ajanlarla kombine edilebilmektedir (Kozmenko ve ark., 2014).

CHX, hedef mikroorganizmalarda membran yapısını bozarak ve sitoplazmik presipitasyon oluşturarak etki gösteren katyonik bir bisbiguanid antiseptiktir. Yüzeye bağlanabilmesi nedeniyle uygulama sonrasında kalıcı etki gösterebildiği bildirilmektedir. %70 IPA içerisinde %2 CHX içeren çözelti, Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç

Dairesi (*Food and Drug Administration* - FDA) tarafından ameliyat öncesi cilt hazırlığı için onaylanmıştır (Kozmenko ve ark., 2014).

b. Sterilizasyon

Sterilizasyon, bakteriyel endosporlar dahil olmak üzere mikroorganizmaların tüm formlarının ortadan kaldırılması işlemidir. Isı, kimyasal buhar, çeşitli gazlar, radyasyon ve kimyasal solüsyonlar kullanılarak gerçekleştirilebilir (Alpaslan, 2000; Kohn ve ark., 2003; Kohli ve Puttaiah, 2008; Frommer ve Stabulas-Savage, 2011). Diş hekimliğinde en sık kullanılan yöntemler kuru ısı ve nemli ısı sterilizasyonudur (Fulford ve Stankiewicz, 2020; Patiño-Marín ve ark., 2025).

Sterilizasyon öncesinde aletlerin yeterli şekilde temizlenmemesi, paketlemenin uygun yapılmaması, aletlerin sterilizatöre doğru yerleştirilmemesi ve cihazın yanlış sıcaklık ya da süre ayarlarıyla çalıştırılması sterilizasyon başarısızlığına neden olabilir (Esen, 2007).

Sterilizasyon etkinliğinin düzenli aralıklarla kontrol edilmesi önemlidir (Esen, 2007; Kohli ve Puttaiah, 2008). Bu amaçla fiziksel, kimyasal ve biyolojik kontrol yöntemleri kullanılmaktadır (Esen, 2007). Sterilizasyon etkinliğinin güvenilir yöntemlerle izlenmesi, diş hekimliğinde çapraz enfeksiyonun önlenmesi açısından önem taşır.

6. Aletler ve donanım

Yumuşak ve sert dokulara penetre olan cerrahi aletler her kullanımdan sonra mutlaka sterilize edilmelidir. Sterilizasyon sonrası bu aletler poşetlerde, trommel içinde veya steril kâğıt/kompreslere sarılı şekilde muhafaza edilebilir. Sterilizasyona uygun olmayan aletler ise üretici talimatlarına uygun kimyasal dezenfeksiyon protokollerine tabi tutulmalıdır (Alpaslan, 2000; Kohli ve Puttaiah, 2008).

7. Aeratör/mikromotor başlıkları, ultrasonik scaler ve hava-su spreyi

Bu aletler üretici firmanın önerileri doğrultusunda her kullanımdan sonra sterilize veya dezenfekte edilmelidir. Yeni model başlıkların bir kısmı otoklavda sterilize edilebilmektedir. Ayrıca hava-su spreyi, aeratör ve anguldruva gibi aletlerin tek kullanımlık seçenekleri de bulunmaktadır.

8. Röntgen cihazı, ekipmanı ve filmler

Radyografik işlemler, kontaminasyona bağlı potansiyel enfeksiyon riski oluşturabilir. Röntgen çekimi sırasında hastanın ağzına temas, tükürük bulaşmış film veya film tutuculara temas ve röntgen cihazı yüzeyleriyle temas sonucu kontaminasyon meydana gelebilir.

Geleneksel film sistemlerinde banyo işlemleri sırasında da kontaminasyon oluşabilir (Fernandes ve ark., 2013).

9. Klinik çalışma ortamındaki yüzeyler

Diş hekimi veya yardımcı personel; kapı kolu, dolap ve çekmece kulpları, telefon, bilgisayar gibi yüzey ve nesnelere kontamine eldivenlerle temas edebilir. Bu nedenle tedavi sırasında temas edilen yüzeylerin dezenfekte edilmesi veya koruyucu bariyerlerle kaplanması gerekir. Kullanılan bariyerler her hastadan sonra değiştirilmelidir (Alpaslan, 2000; Kohli ve Puttaiah, 2008).

10. Protezler, ölçüler ve modeller

Protezler, ölçüler ve modeller laboratuvara gönderilmeden önce; laboratuvardan gelen protezler ise hasta ağzına yerleştirilmeden önce dezenfekte edilmelidir. Tek kullanımlık ölçü kaşıkları kullanıldıktan sonra uygun şekilde atılmalı, tekrar kullanılabilen metal ölçü kaşıkları ise her kullanımdan sonra sterilize edilmelidir.

11. Artık maddelerin toplanması ve imhası

Diş hekimliği pratiğinde kullanılan tek kullanımlık malzemeler uygun atık torbalarında, kesici-delici materyaller ise delinemeyen özel kutularda toplanmalıdır. Dental ünitlerden kaynaklanan kan ve tükürük içerikli atıklar ile dezenfeksiyon için kullanılan kimyasal ajanların uzaklaştırılması ilgili mevzuat ve yerel yönetim kurallarına uygun şekilde yapılmalıdır (Alpaslan, 2000; Kohli ve Puttaiah, 2008).

4.3. Diş hekimliği radyolojisinde çapraz enfeksiyon kontrolü

Diş hekimliği radyolojisinde, invaziv işlemlerde görülen kesici-delici alet yaralanmaları genellikle söz konusu değildir. Bununla birlikte kapsamlı enfeksiyon kontrol prosedürleri radyoloji kliniği için de geçerlidir (Frommer ve Stabulas-Savage, 2011; White ve Pharoah, 2013). Radyografik işlemler cerrahi, periodontoloji veya implantoloji gibi girişimsel işlemler kadar invaziv olmasa da tükürük, kan ve bazı durumlarda kusma nedeniyle mikrobiyolojik çapraz kontaminasyon meydana gelebilmektedir (Silva ve ark., 2004; Malta ve ark., 2016; Gumru ve ark., 2021).

Diş hekimliği fakültelerinde ve polikliniklerde kısa sürede çok sayıda hastayla temas edilmesi, enfeksiyon kontrolünün önemini artırmaktadır. Ayrıca muayenehanelerde radyografik işlemlerin diğer dental işlemlerle aynı ortamda yürütülmesi, radyoloji

uygulamalarında çapraz kontaminasyon riskini göz önünde bulundurmayı gerektirir (Frommer ve Stabulas-Savage, 2011; Fernandes ve ark., 2013).

Diş hekimi, klinik ortamda çapraz enfeksiyon kontrolünü sağlamaktan ve radyografik işlemler sırasında asepsiyi sürdürmekten sorumludur. Bu nedenle radyoloji dahil tüm diş hekimliği uygulamalarında; mekanik bariyerler, kişisel koruyucu ekipmanlar, yüzey dezenfeksiyonu, sterilizasyon ve uygun dezenfeksiyon yöntemleri birlikte uygulanmalıdır (Silva ve ark., 2004; Malta ve ark., 2016; Gumru ve ark., 2021).

4.3.1. İntraoral dijital görüntülemede enfeksiyon kontrolü

İntraoral görüntülemede direkt veya indirekt dijital reseptörlerin kullanılması, mevcut enfeksiyon kontrol uygulamalarının yeniden değerlendirilmesini ve modifiye edilmesini gerektirmiştir. Oral mukozaya temas eden ancak doku içine penetre olmayan intraoral dijital görüntü reseptörleri, CDC tarafından yarı kritik aletler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu nedenle çapraz kontaminasyonu önlemek için yarı kritik aletlerin hastalar arasında ısı/buhar ile sterilize edilmesi veya yüksek düzey dezenfeksiyona tabi tutulması önerilmektedir (Kohn ve ark., 2003; Gumru ve ark., 2021).

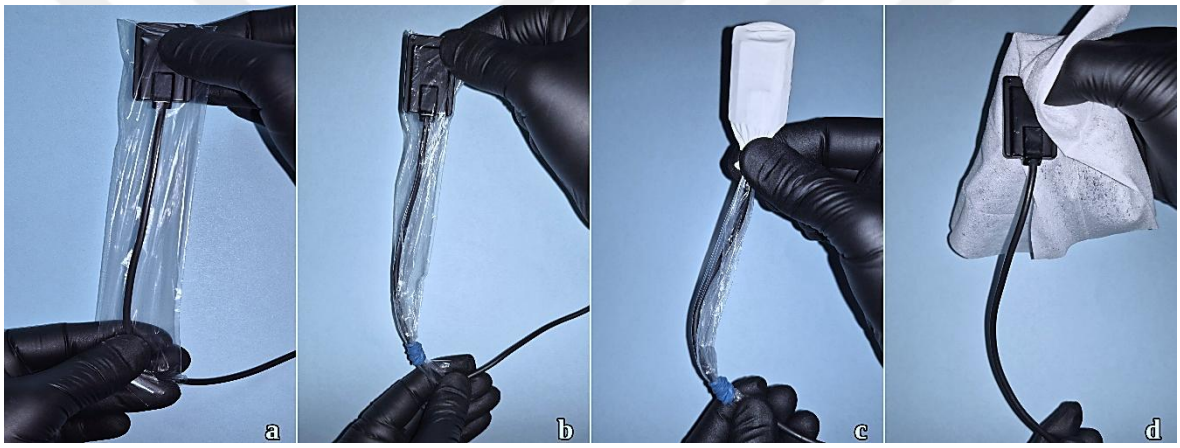
Ancak intraoral dijital reseptörler farklı hastalarda tekrar tekrar kullanılmakta, ısıyla sterilize edilememekte ve dezenfektanlara tamamen daldırılamamaktadır. Bu durum, uygun enfeksiyon kontrol önlemleri alınmadığında çapraz kontaminasyon riskini artırmaktadır. CDC, ısı sterilizasyonu veya yüksek düzey dezenfeksiyon uygulanamayan yarı kritik aletlerde, kullanım sırasında kontaminasyonu azaltmak amacıyla en azından FDA tarafından onaylanmış koruyucu kılıf kullanılmasını önermektedir (Kohn ve ark., 2003; Gumru ve ark., 2021).

Çapraz kontaminasyon riskini azaltmak amacıyla CDC ve Amerikan Diş Hekimleri Birliği (*American Dental Association* - ADA), dijital görüntüleme sensörlerinin koruyucu kılıftan çıkarılmasının ardından ve başka bir hastada kullanılmadan önce Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (*Environmental Protection Agency* - EPA) tarafından tescilli orta düzey bir dezenfektanla temizlenmesini ve dezenfekte edilmesini önermektedir (Kohn ve ark., 2003; Wenzel ve Møystad, 2010; Gumru ve ark., 2021).

4.3.1.1. CCD ve CMOS sensörler için enfeksiyon kontrol protokolü

CCD ve CMOS sensörlerle alınan intraoral radyografik görüntülerde aşağıdaki enfeksiyon kontrol protokolünün uygulanması önerilmektedir (Gumru ve ark., 2021):

1. Radyografik işlem öncesinde hastaya CHX içeren gargara ile ağız çalkalatılmalıdır.
2. Sensör ve kablosunun en az 20 cm'lik kısmı plastik koruyucu kılıf içine yerleştirilmelidir (Şekil 1a). Ekspozür sırasında kılıfın yerinde kalmasını sağlamak için lastik veya yapışkan bant kullanılabilir (Şekil 1b). Özellikle invaziv dental işlemler sırasında standart kılıfa ek olarak ikinci bir plastik bariyer veya lateks parmak eldiveni tercih edilebilir (Şekil 1c).
3. Eldiven giyilerek sensör hastanın ağzına dikkatlice yerleştirilmeli ve ekspozür gerçekleştirilmelidir.
4. Ekspozür sonrası sensör ağızdan çıkarılmalı, sensöre veya kablosuna temas ettirilmeden koruyucu kılıf dikkatlice uzaklaştırılmalı ve kontamine eldivenler atılmalıdır.
5. Sensör ve kablosu %70 alkol solüsyonu ile dezenfekte edilmelidir (Şekil 1d).



Şekil 1. CCD ve CMOS sensörler için enfeksiyon kontrol protokolü: **a)** sensör ve kablosunun en az 20 cm'lik kısmının koruyucu kılıfa yerleştirilmesi, **b)** kılıfın lastik yardımıyla sabitlenmesi, **c)** ek lateks parmak eldiveni kullanımı, **d)** sensör ve kablosunun %70 alkol solüsyonu ile dezenfekte edilmesi.

4.3.1.2. PSP plakalar için enfeksiyon kontrol protokolü

PSP plaka kullanılan sistemlerle alınan intraoral radyografik görüntülerde aşağıdaki enfeksiyon kontrol protokolünün uygulanması önerilmektedir (Gumru ve ark., 2021):

1. Radyografik işlem öncesinde hastaya CHX içeren gargara ile ağız çalkalatılmalıdır.
2. PSP plaka tercihen kalın bir koruyucu karton ile kaplanmalı plastik koruyucu kılıfa yerleştirilmelidir (Şekil 2a ve b). Özellikle invaziv dental işlemlerde standart kılıfa ek olarak ikinci bir plastik kılıf veya lateks parmak eldiveni kullanılabilir (Şekil 2c).
3. Eldiven giyilerek plaka hastanın ağzına dikkatlice yerleştirilmeli ve ekspozür gerçekleştirilmelidir.

4. Ekspozür sonrası PSP plaka ağızdan çıkarılmalı, kılıf açılmadan önce koruyucu kılıfın dış yüzeyi %70 alkol solüsyonu ile dezenfekte edilmeli ve kontamine eldivenler atılmalıdır (Şekil 2d).
5. Koruyucu kılıf dezenfekte edilmiş makas ile dikkatlice açılmalı (Şekil 2e), PSP plaka dezenfekte edilmiş presel yardımıyla kılıftan çıkarılmalıdır (Şekil 2f). Plaka alkol ile ıslatılmış mendille silinmeli (Şekil 2g) ve kenarlarından tutularak tarayıcıya yerleştirilmelidir. Mümkünse ultraviyole (UV) dezenfeksiyon sistemine sahip tarayıcı kullanılmalıdır.
6. Diş hekimliği fakülteleri veya görüntüleme merkezleri gibi yoğun kullanım alanlarında, üretici talimatları dikkate alınarak her klinik günü sonunda PSP plakalara etilen oksit gazı ile sterilizasyon uygulanabilir.

PSP plakaların uzun süreli kullanımı ve kimyasal dezenfektanlarla tekrarlayan şekilde silinmesi, özellikle kenar bölgelerde koruyucu tabaka ve fosfor tabakasında aşınma ve soyulmaya yol açabilir (Wenzel ve ark., 2013; Yurttaş, 2024). Toz parçacıkları, eldiven pudrası, parmak izi, tükürük, kan ve koruyucu kılıflarda kullanılan yapıştırıcı materyaller gibi kontaminasyon kaynakları da aktif fosfor tabakasına zarar verebilir. Bu durum görüntü artefaktlarına neden olabilir. Plakanın aktif yüzeyindeki kir veya kalıntılar lazer ışığının geçişini engelleyerek radyoopak artefaktların oluşmasına yol açabilir (Gulsahi ve Secgin, 2016; Çalışkan ve Sümer, 2017; Pamukcu ve ark., 2022; Yurttaş, 2024).

4.4. PSP sistemlerde görülen hatalar ve artefaktlar

PSP plakalar, tekrarlanan kullanım sürecinde mekanik ve kimyasal etkilere bağlı olarak hasar görebilmektedir. Aşırı bükme, film tutucuların oluşturduğu basınç ve ısırma kuvvetleri gibi mekanik etkiler fosfor tabakasına zarar vererek artefakt oluşumuna zemin hazırlayabilir (Roberts ve Mol, 2004; Bedard ve ark., 2006; Kalathingal ve ark., 2010; Wenzel ve Møystad, 2010; MacDonald ve Waterfield, 2011; Ludlow ve Mol, 2014).

Görüntü elde etme ve görüntü işleme aşamalarında ortaya çıkabilen teknik hatalar ile uygunsuz manipülasyonlar, radyografik hatalara ve artefaktlara yol açabilir. Dijital görüntülemenin diş hekimliği uygulamalarına girmesi, klinik iş akışında bazı yeni zorlukları da beraberinde getirmiştir. Bu zorluklardan biri, klinik değerlendirmeyi olumsuz etkileyebilen yeni artefakt türlerinin ortaya çıkmasıdır (Chiu ve ark., 2008; Çalışkan ve Sümer, 2017).



Şekil 2. PSP plakalar için enfeksiyon kontrol protokolü: **a)** plakanın koruyucu karton içine yerleştirilmesi, **b)** kartonla kaplanmış plakanın plastik kılıfa yerleştirilmesi, **c)** ek lateks parmak eldiveni kullanımı, **d)** kılıfın alkol solüsyonu ile dezenfekte edilmesi, **e)** kılıfın dezenfekte edilmiş makasla açılması, **f)** plakanın dezenfekte edilmiş presel ile çıkarılması, **g)** plakanın alkol ile ıslatılmış mendille silinmesi.

4.4.1. PSP sistemlerde görülen hatalar ve artefaktların sınıflandırılması

Radyografik görüntülerde incelenen anatomik yapılarla ilişkili olmayan istenmeyen görüntü özellikleri hata ve artefakt olarak tanımlanmaktadır. Geleneksel intraoral radyografik filmlerde görülen artefaktlar iyi tanımlanmış olmakla birlikte, PSP plaka artefaktlarını inceleyen çalışmalar daha sınırlıdır (Chiu ve ark., 2008; Gulsahi ve Secgin, 2016; Çalışkan ve Sümer, 2017; Deniz ve Kaya, 2019; Elkhateeb ve ark., 2022; İncebeyaz ve ark., 2022; Tashiro ve ark., 2023; Yurttaş, 2024). Bu çalışmalarda farklı sınıflandırma yaklaşımları kullanılmış ve PSP plaka artefaktları için standartlaştırılmış tek bir sınıflandırma üzerinde tam bir fikir birliği sağlanmamıştır.

Chiu ve ark. (2008) artefaktları operatör hataları, tarayıcı artefaktları ve PSP plaka artefaktları olmak üzere üç grupta sınıflandırmıştır. Çalışkan ve Sümer (2017), operatör ve

hasta kaynaklı hatalar, ortam ışığı kaynaklı artefaktlar, PSP plaka kaynaklı artefaktlar ve tarayıcı kaynaklı artefaktlar olmak üzere dört kategori önermiştir. Deniz ve Kaya (2019) bu çerçeveyi neden temelli olarak genişleterek operatör hataları, ortam ışığı artefaktları, plaka artefaktları, tarayıcı artefaktları ve yazılım artefaktları şeklinde beş kategoriye ayırmıştır. Elkhateeb ve ark. (2022) artefaktları operatör hataları, plaka artefaktları ve tarama artefaktları olarak sınıflandırmıştır. İncebeyaz ve ark. (2022) ise oluşum zamanlamasını esas alarak ekspozürden önce, ekspozür sırasında, ekspozürden sonra ve tarayıcıdan kaynaklanan artefaktlar olmak üzere dört aşamalı bir sınıflandırma önermiştir. Tashiro ve ark. (2023), PSP plakaya özgü artefaktları beyaz kenarlar, döndürme/eğim, iki görüntünün üst üste binmesi, üst üste binme, yatay çevirme ve yüksek yoğunluklu/parmak benzeri bölgeler olmak üzere altı grupta ele almıştır. Yurttaş (2024) ise Çalışkan ve Sümer'in (2017) yaklaşımından yararlanarak teknik hatalar, plaka ile ilişkili artefaktlar, tarayıcı kaynaklı artefaktlar ve ortam ışığı kaynaklı artefaktlardan oluşan dört kategorili bir sistem kullanmıştır.

Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, sınıflandırma sistemleri farklılık gösterse de PSP sistemlerde görülen hata ve artefaktların genel olarak operatör kaynaklı ve teknik hatalar, plaka ile ilişkili artefaktlar, tarayıcı kaynaklı artefaktlar ve ortam ışığı ile ilişkili artefaktlar olmak üzere dört ana başlık altında toplanabildiği görülmektedir.

4.4.1.1. Operatör kaynaklı ve teknik hatalar

Plakanın bükülmesi, ağız içinde yanlış konumlandırılması, X-ışını demetinin hatalı dikey veya yatay angülasyonu, yetersiz ya da aşırı pozlama, hasta hareketi, plakanın ters yerleştirilmesi ve dedektörün X-ışını alanı tarafından yeterince kapsanmaması gibi hatalar operatör kaynaklı ve teknik hatalar arasında yer almaktadır. Bu hatalar hem geleneksel hem de dijital görüntüleme yöntemlerinde görülebilir (Tashiro ve ark., 2023; Yurttaş, 2024).

Birçok çalışmada, özellikle cone-cut ve projeksiyon geometrisi sorunları başta olmak üzere operatörle ilişkili hataların en yaygın hata türleri arasında olduğu bildirilmiştir. Bu durum, operatör tekniğinin görüntü kalitesi üzerindeki etkisini ve standartlaştırılmış radyografik prosedürlere duyulan ihtiyacı göstermektedir (Chiu ve ark., 2008; Deniz ve Kaya, 2019; Elkhateeb ve ark., 2022; Yurttaş, 2024).

Operatör kaynaklı hatalar çoğu zaman yeniden pozlama gerektirdiğinden, PSP sistemlerinde bu hataları azaltmak için uygulayıcıların radyografik teknikler konusunda yeterli eğitim alması önem taşımaktadır (Chiu ve ark., 2008; Elkhateeb ve ark., 2022).

4.4.1.2. Tarayıcı kaynaklı artefaktlar

Tarayıcılar, PSP sistemlerinde artefaktların sık görülen kaynakları arasındadır. Lazer tarama yoğunluğundaki kısa süreli değişimler, taranan plakanın farklı bölgelerinde yatay radyoopak çizgiler oluşturabilir. Tarayıcıda lazer ışığının yolu üzerinde bulunan toz veya kir parçacıkları lazer ışığını engelleyerek sinyal alınamayan alanlara neden olabilir. Bu durum, tarama yönünde ve her görüntüde benzer konumda izlenen paralel radyoopak çizgilerle sonuçlanabilir (Çalışkan ve Sümer, 2017; Yurttaş, 2024). Toz veya kir parçacıklarının tarama sırasında yer değiştirmesi halinde zikzak tarzında radyoopak çizgiler görülebilir (Peker ve Yapıcı, 2016; Çalışkan ve Sümer, 2017; Yurttaş, 2024).

Tarayıcı performansındaki bozulmalar ve elektromanyetik girişim de radyolüsent çizgilerin oluşmasına neden olabilir. Çalışkan ve Sümer (2017), bu tür artefaktları lazer ışığı yoğunluğundaki hızlı değişimlerin yanı sıra hızlı tarama döngüleri ile görüntü plakası hareketi arasındaki uyumsuzlukla ilişkilendirmiş ve bombe/kavisli görünüm şeklinde tarif etmiştir.

Literatürde tarayıcı kaynaklı artefakt oranları çalışmalar arasında farklılık göstermektedir. Tashiro ve ark. (2023) tarayıcı artefakt oranını %52 olarak bildirmiştir. Çalışkan ve Sümer (2017), PSP artefaktlarının %53'ünün tarayıcı kaynaklı olduğunu ve en sık görülen tarayıcı artefaktının düz çizgiler (%42,2) olduğunu belirtmiştir. Elkhateeb ve ark. (2022), en yaygın tarama hatalarını gecikmeli, düzensiz yoğunluklu veya parlak görüntüler (%39,9) olarak bildirmiştir. Chiu ve ark. (2008), PSP plakaların %4,5'inde çoğunlukla yatay radyoopak çizgiler şeklinde tarayıcı artefaktları saptamıştır. Yurttaş (2024) ise en yaygın tarayıcı kaynaklı artefaktın paralel veya zikzak radyoopak çizgiler (%98,7) olduğunu bildirmiştir. Çalışmalar arasındaki bu farklılıklar; sınıflandırma kriterleri, kurumsal uygulamalar, cihaz özellikleri, incelenen plaka sayısı ve operatör deneyimi gibi değişkenlerle ilişkili olabilir (Yurttaş, 2024).

Bazı tarayıcı kaynaklı artefaktlar, diğer birçok artefakt türünden farklı olarak yeniden tarama yoluyla giderilebilir. Bu durum, gereksiz görüntü tekrarlarını ve buna bağlı radyasyon maruziyetini önleyebilir (Chiu ve ark., 2008; Yurttaş, 2024). Radyolüsent çizgilerin azaltılması için uygun elektromanyetik koruma, kararlı voltaj kaynağı ve kesintisiz güç kaynağı kullanımı önerilmektedir (Çalışkan ve Sümer, 2017; Deniz ve Kaya, 2019; Yurttaş, 2024). Ayrıca tarayıcıların periyodik bakımı, temizliği ve kalibrasyonu tarama hatalarının azaltılmasında önemlidir (Elkhateeb ve ark., 2022).

4.4.1.3. Ortam ışığıyla ilişkili artefaktlar

PSP sistemlerde artefaktlar ortam ışığına maruziyet sonucunda da oluşabilir (Yurttaş, 2024). Pozlanmış bir PSP plaka ortam ışığından korunmadan tarama için bekletildiğinde, depolanan görüntü bilgisi sinyal kaybı (*fading*) nedeniyle kademeli olarak azalır. Bu durum sıklıkla plaka kenarlarından başlayan solma şeklinde izlenir (Gulsahi ve Secgin, 2016; Çalışkan ve Sümer, 2017; Deniz ve Kaya, 2019; Yurttaş, 2024).

Pozlama düzeyine bağlı olarak ortam ışığına maruziyet, genel parlaklık artışı şeklinde görülebilir. Plakanın yalnızca bir kısmı etkilendiğinde ise düzensiz görüntü yoğunluğu ortaya çıkabilir. Değişken sinyal kaybı, görüntü gürültüsünün artmasına da katkıda bulunabilir (Gulsahi ve Secgin, 2016; Deniz ve Kaya, 2019). Aşırı enerji salınımına bağlı lokal sinyal kaybında, radyoopak yapıların merkezinde veya plaka kenarları boyunca parlak artefaktlar görülebilir (Yurttaş, 2024).

Kısmi ışık maruziyeti çoğunlukla kılıfsız plakaların üst üste gelmesiyle oluşur. Işıktan korunmuş bölgeler normal yoğunluğunu korurken, ışığa maruz kalan alanlarda lokal yoğunluk azalması meydana gelir. Bunun sonucunda aynı anatomik yapı, tek görüntü içinde uniform olmayan yoğunluklarda izlenebilir (Peker ve Yapıcı, 2016; Çalışkan ve Sümer, 2017; Yurttaş, 2024).

Ortam ışığı ile ilişkili artefaktlar, kontaminasyonu önlemek amacıyla pozlama sonrası plakanın koruyucu kılıfından çıkarıldığı durumlarda daha sık görülebilir (Chiu ve ark., 2008; Gulsahi ve Secgin, 2016; Çalışkan ve Sümer, 2017; Deniz ve Kaya, 2019). Akdeniz ve ark. (2005), X-ışınına maruz kalan plakaların yaklaşık 10 dk sonra elektron salmaya başladığını bildirmiştir. Sinyal kaybının başlangıçta görüntünün çevresinde daha belirgin olması, merkeze göre foton yoğunluğunun çevrede daha düşük olmasıyla ilişkilendirilmektedir (Chiu ve ark., 2008). Sabit protezler ve metalik restorasyonlar gibi yüksek atenüasyon alanları da foton kaybına duyarlı olduğundan, ışık maruziyeti sonrasında parlak görünebilir (Deniz ve Kaya, 2019).

Çalışkan ve Sümer (2017), plakaların %44,1'inde gözlenen solmayı en sık karşılaşılan ortam ışığı artefaktı olarak tanımlamıştır. Elkhateeb ve ark. (2022), olguların yaklaşık %40'ında gecikmeli tarama artefaktları bildirmiştir. Yurttaş (2024), solma ve parlama artefaktlarını sırasıyla %49,3 ve %35,9 oranında rapor etmiştir. Gulsahi ve Secgin (2016) ise en yaygın artefaktın düzensiz görüntü parlaklığı olduğunu bildirmiştir.

Tanısal kaliteyi korumak için ortam ışığına bağlı artefaktları azaltmaya yönelik önlemler alınmalıdır (Ramamurthy ve ark., 2004; Akdeniz ve ark., 2005; Ang ve ark., 2006; Wenzel

ve Møystad, 2010). Bu kapsamda tarama ortamında ışık yoğunluğunun azaltılması, plakaların işlem ve tarama sırasında gereksiz ışık maruziyetinden korunması ve mümkünse kısa sürede tarayıcıya yerleştirilmesi önerilmektedir (Akdeniz ve ark., 2005; Ang ve ark., 2006; Elkhateeb ve ark., 2022). Foto-indüklenmiş deşarjı azaltmak amacıyla plakaların ideal olarak pozlamayı takiben 10 dk içinde taranması gerektiği belirtilmiştir (Yurttaş, 2024). Taramanın hemen yapılamadığı durumlarda plakalar oda sıcaklığında ve ışıksız ortamda saklanmalıdır (Akçiçek ve ark., 2016). Uniform olmayan yoğunluğu önlemek için pozlama sonrası plakaların üst üste konmaması önerilmektedir (Gulsahi ve Secgin, 2016).

4.4.1.4. Plaka ile ilişkili artefaktlar

PSP plakaların rutin ve tekrarlanan kullanımında sert manipülasyon, aşırı bükme, film tutucu basıncı, hastanın ısırma kuvveti, tarayıcıya zorlayarak yerleştirme ve tarayıcı silindirinin uyguladığı gerilim gibi mekanik stresler çatlak, çizik veya ısırma izlerine yol açabilir (Kalathingal ve ark., 2010; Çalışkan ve Sümer, 2017; Deniz ve Kaya, 2019; Pamukcu ve ark., 2022; Yurttaş, 2024). Bu tür kuvvetler fotostimüle lüminesans tabakasına zarar vererek plakanın destekleyici polyester tabakasında çatlaklara neden olabilir. Sonuçta X-ışınına yanıt vermeyen alanlar oluşabilir ve bu alanlar görüntüde beyaz/radyoopak artefaktlar şeklinde izlenen sinyal boşluklarına yol açabilir (Thang ve ark., 2020).

Mekanik etkilerin yanı sıra tekrarlayan temizleme ve dezenfeksiyon işlemleri de PSP plak yüzeyinde mikroyapısal değişikliklere, yüzey kalıntılarına veya koruyucu tabaka bütünlüğünde bozulmaya neden olarak artefakt oluşumuna katkıda bulunabilir.

Plaka ile ilişkili en yaygın artefaktlar Çalışkan ve Sümer (2017) tarafından soyulma (%53,4), Elkhateeb ve ark. (2022) tarafından ise ısırık izleri (%40,3) olarak bildirilmiştir. Yurttaş (2024), plaka ile ilişkili en yaygın artefaktların çatlaklar ve çizikler (%77,1) olduğunu rapor etmiştir.

Üreticiler, plakaların mekanik hasarını azaltmak için koruyucu bariyerlerin rutin kullanımını önermektedir. Enfeksiyon kontrolü amacıyla kullanılan tek kullanımlık kılıflar aynı zamanda ortam ışığına karşı bariyer görevi görse de bükülme, film tutucu basıncı veya ısırık izlerine bağlı hasara karşı her zaman yeterli koruma sağlamayabilir (Roberts ve Mol, 2004; Chiu ve ark., 2008). Bu nedenle artefaktların azaltılmasında uygun kullanım protokollerinin hekimler, teknisyenler ve öğrenciler tarafından standart biçimde uygulanması önemlidir. Bu protokoller; ekspozür, tarama ve sonrasında PSP plakaların nazikçe manipüle edilmesini ve plaka ömrünü uzatmak amacıyla temizlik işlemlerinin yalnızca görünür kirlenme varlığında

nazik silme ile sınırlandırılmasını içermektedir (Kalathingal ve ark., 2010; Elkhateeb ve ark., 2022).

PSP plaka bütünlüğünün düzenli olarak kontrol edilmesi de önem taşımaktadır (Elkhateeb ve ark., 2022). Plakaların günlük olarak çizik ve hasar açısından incelenmesi, yüzey hasarı saptandığında test görüntüsü alınması ve gerekli durumlarda plakanın değiştirilmesi önerilmektedir (Deniz ve Kaya, 2019).

Fosfor tabakasındaki hasar, sinyal boşlukları şeklinde kalıcı artefaktlara neden olabilir. Bu durum sonraki görüntülerin bozulmasına, tanısal kalitenin düşmesine ve tekrarlayan görüntüleme gereksinimine yol açabilir. Tekrarlayan görüntülemeler, ALADA (*As Low As Diagnostically Acceptable*; tanısal olarak kabul edilebilir en düşük doz) ilkesiyle uyumsuz radyasyon maruziyetini artırabileceği gibi muayene süresini ve maliyeti de yükseltebilir (Roberts ve Mol, 2004; Bedard ve ark., 2006; Wenzel ve Møystad, 2010; Çalışkan ve Sümer, 2017; İncebeyaz ve ark., 2022; Yurttaş, 2024). Sürekli kullanıma bağlı hasar birikimi, görüntü kalitesini kademeli olarak düşürür ve belirli bir aşamada plakaların kullanım dışı bırakılarak değiştirilmesini gerektirebilir (Thang ve ark., 2020).

4.5. Dijital radyografik görüntülerde kalite

4.5.1. Görüntü kalitesi

"Görüntü kalitesi" terimi, görüntüleme sisteminin tanısal amaçla kullanılabilirliğini belirleyen özellikleri ifade eder. Bu kavram, fiziksel ölçümlerle değerlendirilebilen teknik parametreleri ve görüntünün gözlemci tarafından görsel olarak değerlendirilmesine bağlı psikofiziksel bileşenleri içerir (Yoshiura, 2012). Radyografik görüntü kalitesinin yetersiz olduğu durumlarda tanısal doğruluğu sağlamak amacıyla çekim tekrarı gerekebilir. Bu durum, hem hastanın hem de operatörün gereksiz radyasyona maruz kalmasına yol açabilir (Kjelle ve Chilanga, 2022).

Radyografik görüntü kalitesini etkileyen değişkenler genel olarak teknik değişkenler, geometrik değişkenler, hasta ile ilişkili değişkenler, görüntü reseptör sistemleri, görüntü işleme basamakları ve görüntüleme koşulları olmak üzere altı başlık altında incelenebilir. Operatörün görevi, tanısal amaçla yeterli görüntü kalitesini sağlamak için bu değişkenleri mümkün olduğunca kontrol altında tutmaktır (Carroll, 2023).

Teknik değişkenler, kullanılan X-ışını jeneratörünün özellikleri, kilovolt (kVp), miliamper (mA), ekspozür süresi (sn) gibi elektriksel parametrelerin yanı sıra tüp filtrasyonu ve kolimasyon ile belirlenen alan sınırlamasını da içerir.

Geometrik değişkenler, obje-reseptör mesafesi, fokal spot-obje mesafesi, fokal spot-reseptör mesafesi, reseptör ve fokal spot boyutu, X-ışını demetinin angülasyonu ve hizalanması gibi faktörleri kapsar. Bu değişkenler magnifikasyon, distorsiyon ve ayrıntı netliği üzerinde doğrudan etkilidir. İntraoral görüntülemede reseptörün ağız içindeki konumu, film/sensör tutucu kullanımı ve hastanın, röntgen tüpünün veya görüntü reseptörünün hareketi de geometrik doğruluğu etkileyen temel unsurlardır.

Hasta ile ilişkili değişkenler, hastanın kooperasyonu, hareket etmesi, anatomik varyasyonlar, sert ve yumuşak doku yoğunluk farklılıkları, metal restorasyonlar ve sabit protetik yapılar gibi yüksek atenüasyonlu bölgeleri içerir. Özellikle intraoral çekimlerde hareket ve konumlandırma güçlükleri, tekrar çekim riskini artıran önemli nedenler arasındadır.

Görüntü reseptör sistemleri, X-ışınlarının dokudan geçişinden sonra oluşan sinyali kaydeden ortamı ve sinyalin oluşumuna ya da iletilmesine etki eden bileşenleri kapsar. İntraoral dijital görüntülemede CCD/CMOS sensörler veya PSP plakaların fiziksel bütünlüğü ve kullanım koşulları tanısal kalite açısından önemlidir.

Görüntü işleme, dijital görüntülerin görüntülenebilmesi ve saklanabilmesi için uygulanan işlem basamaklarını kapsar. Bilgisayar tabanlı sistemlerde görüntü; optimize edilmek ve gözlemci için değerlendirilebilir hale getirilmek amacıyla algoritmalar, filtreler ve yazılım ayarlarıyla işlenebilir. Son işlem kapsamında pencereleme (*window/level*), keskinleştirme veya yumuşatma gibi işlemler uygulanabilir. Bu işlemler görüntü görünümünü değiştirebildiğinden, araştırma amaçlı karşılaştırmalarda görüntü işleme basamaklarının standardize edilmesi önemlidir (Carroll, 2023).

Görüntüleme koşulları, görüntünün değerlendirildiği ortam ışığı, monitör kalitesi ve çözünürlüğü, parlaklık-kontrast ayarları ve ekran yüzey yansımaları gibi faktörleri içerir. Bu değişkenler ayrıntıların görünürlüğünü etkileyebilir. Bu nedenle görüntü değerlendirmesi mümkün olduğunca standart koşullarda yapılmalı, monitör ve ortam aydınlatması açısından uygun değerlendirme ortamı sağlanmalıdır (Carroll, 2023).

4.5.2. Dijital radyografik görüntü kalitesini etkileyen faktörler

İyonlaştırıcı radyasyon kullanılan görüntüleme sistemlerinde, doğru ve güvenli tanı sağlanırken hastanın maruz kaldığı dozun en aza indirilmesi önceliklidir. Optimum görüntü kalitesi ve yüksek tanısal doğruluk elde edebilmek için görüntü kalitesini etkileyen

faktörlerin bilinmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir (Hellén-Halme ve ark., 2016; Vincoff ve ark., 2022; Bastos ve Nogueira, 2025).

Dijital radyografik görüntüler, objeden geçerek reseptöre ulaşan fotonların uzaysal dağılımına bağlı olarak oluşur. Bu nedenle görüntü kalitesi; başta gürültü, uzaysal çözünürlük ve kontrast olmak üzere bu dağılımla ilişkili parametrelerden etkilenir (Dance ve ark., 2014; Bastos ve Nogueira, 2025). Ayrıca uniformite, hassasiyet ve dinamik aralık gibi parametreler de görüntü kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılabilmektedir (Mondou ve ark., 1996).

İdeal bir dental radyografik görüntü; uygun yoğunluk ve kontrasta sahip, görüntüsü alınan yapının geometrik olarak doğru temsil edildiği ve sınırların net seçilebildiği tanısal bir görüntüdür. Görüntü kalitesi, görsel özelliklerin yanı sıra geometrik özellikler tarafından da belirlenir. Dansite ve kontrast, dental radyografilerin tanısal görüntü kalitesini doğrudan etkileyen temel parametrelerdir (Iannucci ve Howerton, 2012).

4.5.2.1. Dansite ve parlaklık

Bir dental radyografinin genel koyuluk ya da siyahlık derecesi "yoğunluk" veya "dansite" olarak adlandırılır. Yoğunluk, dokular tarafından absorbe edilen ve reseptöre ulaşan X-ışını miktarını yansıtır. Uygun yoğunluğa sahip bir görüntüde hava boşlukları siyah alanlar, mine, dentin ve kemik gibi yapılar beyaz alanlar, yumuşak dokular ise gri alanlar şeklinde izlenir (Iannucci ve Howerton, 2012; Bastos ve Nogueira, 2025).

Yoğunluk, parlaklığın tersi olarak değerlendirilebilir; ancak klinik kullanımda bu kavramlar çoğu zaman birbirine yakın anlamda kullanılmaktadır. Dijital görüntüleme sistemlerinde radyografik görüntü, sıvı kristal ekran (*Liquid Crystal Display* – LCD) monitörde izlenen elektronik bir görüntüdür ve monitör üzerinden parlaklık ayarı değiştirilebilir. Bununla birlikte görüntü dijital bellekte depolandığından, kullanılan radyografik teknik ve görüntü işleme basamaklarına bağlı kendine özgü bir parlaklık düzeyine de sahiptir. Bellekte depolanan görüntünün bu doğal parlaklığı, görüntüleme cihazındaki parlaklık ayarlarından bağımsızdır (Carroll, 2023).

Tanısal değerlendirme açısından, incelenen yapı içindeki piksellerin parlaklık düzeyi tamamen beyaz veya tamamen siyah uçlarda toplanmamalıdır. Görüntü, çok açık griden çok koyu griye uzanan geniş bir gri ton aralığı içinde dağılım göstermelidir. Orta düzeyde parlaklık, X-ışını demetinin dokularda uygun biçimde atenüasyona uğradığını gösterir. Görüntünün tamamen siyah olduğu bölgeler, X-ışınlarının büyük çoğunluğunun reseptöre

ulaştığını; tamamen beyaz olduğu bölgeler ise reseptöre çok az ya da hiç X-ışını ulaşmadığını düşündürür (Carroll, 2023).

4.5.2.2. Kontrast

İki komşu doku arasındaki X-ışını atenüasyon farkı "obje kontrastı" olarak tanımlanır. Başka bir ifadeyle obje kontrastı, komşu doku veya anatomik yapılar arasındaki X-ışını absorpsiyon/atenüasyon farklılığına bağlı olarak oluşur. Dokuların atenüasyon özelliklerini ve buna bağlı kontrastı belirleyen başlıca faktörler dokunun kalınlığı, fiziksel yoğunluğu ve atom numarasıdır (Carroll, 2023).

Dokunun kalınlığı arttıkça X-ışını demetinin atenüasyonu artar. Genel yaklaşıma göre yaklaşık her 4-5 cm kalınlık artışında X-ışını demetinin atenüasyonu iki katına çıkmakta ve reseptöre ulaşan X-ışını miktarı yaklaşık yarı yarıya azalmaktadır. Dokunun fiziksel yoğunluğu, belirli bir hacimdeki kütle miktarını ifade eder. Yoğunluk arttıkça birim hacimde daha fazla atom veya molekül bulunur ve X-ışını atenüasyonu artar. Atom numarasının yüksek olması da her atomun daha fazla elektron içermesi anlamına gelir. Bu durum, X-ışınlarının elektronlarla etkileşme olasılığını artırarak atenüasyonu artırır.

4.5.2.2.1. Gri tonlama

Gri tonlama, bir görüntüdeki farklı yoğunluk veya parlaklık düzeylerinin aralığını ifade eder ve kontrast ile yakından ilişkilidir. Bir görüntüde çok sayıda farklı parlaklık tonu varsa uzun gri tonlama, az sayıda parlaklık seviyesi varsa kısa gri tonlama söz konusudur (Carroll, 2023).

Gri tonlamanın aşırı uzun olduğu durumlarda ayrıntılar arasındaki fark azalır ve ayrıntıları ayırt etmek zorlaşır. Gri tonlamanın çok kısa olduğu durumlarda ise ayrıntılar arasındaki fark siyah veya beyaz uçlara indirgenecek kadar artabilir ve ara detaylar kaybolabilir. Bu nedenle görüntünün gri tonlaması ve kontrastı orta düzeyde optimize edilmelidir. Genellikle önce gri tonlama ve kontrast ayarlarının, ardından genel parlaklık ayarlarının yapılması önerilmektedir (Carroll, 2023).

4.5.2.2.2. Radyografik kontrast

Radyografik kontrast, bir radyografideki açık ve koyu bölgeler arasındaki yoğunluk farkı olarak tanımlanır (White ve Pharoah, 2013). Dental radyografilerde kontrastı

değerlendirmek için "kısa ölçekli kontrast" ve "uzun ölçekli kontrast" terimleri kullanılmaktadır (Iannucci ve Howerton, 2012).

Kısa ölçekli kontrasta sahip radyografilerde çok sayıda siyah ve beyaz alan bulunur; gri ton aralığı görece daha dardır. Siyah ve beyaz alanların daha kolay ayırt edildiği bu görüntüler yüksek kontrastlı olarak tanımlanabilir (Iannucci ve Howerton, 2012).

Uzun ölçekli kontrasta sahip radyografilerde ise çok sayıda gri tonu bulunur; siyah ve beyaz uçlar daha az belirgindir. Gri alanların birbirinden ayrımının daha güç olabildiği bu görüntüler düşük kontrastlı olarak değerlendirilir (Iannucci ve Howerton, 2012).

Kısa ve uzun ölçekli kontrastı göstermek amacıyla, tek tip kalınlık artışlarına sahip basamaklardan oluşan step-wedge düzenekleri kullanılır. Tipik bir step-wedge, 2 mm'lik artışlarla alüminyum (Al) basamaklardan oluşur. Reseptör üzerine yerleştirilip X-ışınlarına maruz bırakıldığında, farklı kalınlıktaki basamaklar farklı miktarda X-ışını absorbe eder. Bunun sonucunda radyografik görüntüde farklı koyuluk derecelerine sahip alanlar oluşur (Iannucci ve Howerton, 2012).

4.5.2.3. Gürültü

Gürültü, bir görüntüde piksel değerlerinde meydana gelen rastgele değişiklikler olarak tanımlanır ve özellikle düşük kontrastlı yapıların ayırt edilmesinde önemli rol oynar (Arnold, 1986). Kuantum/foton gürültüsü, elektronik gürültü, yapısal gürültü ve saçılma gürültüsü gibi farklı türleri bulunmaktadır (Bastos ve Nogueira, 2025).

Kuantum gürültüsü, reseptöre ulaşan foton sayısındaki istatistiksel değişkenlik ile ilişkilidir ve düşük dozlarda daha belirgin hale gelir. Elektronik gürültü, algılama ve görüntü oluşum sürecinde yer alan elektronik bileşenlerin özellikleriyle ilişkilidir. Yapısal gürültü, dokunun kendi yapısal özelliklerinden kaynaklanan ve bazı durumlarda patoloji ile karışabilen değişiklikler şeklinde ortaya çıkabilir. Saçılma gürültüsü ise fotonların objede saçılması nedeniyle oluşur ve görüntü kontrastını azaltır (Bastos ve Nogueira, 2025).

4.5.2.4. Sinyal-gürültü oranı

Sinyal-gürültü oranı (*Signal-to-Noise Ratio* – SNR), görüntüde sinyalin gürültüye göre baskınlığını ifade eden ve genel görünürlükle ilişkili bir ölçüttür. Tanısal açıdan yeterli görüntü kalitesi elde edebilmek için SNR'nin uygun düzeyde olması hedeflenir. Radyografik görüntüde "sinyal", dokulardan geçerek reseptöre ulaşan ve piksel değerlerini oluşturan X-ışını fotonlarına bağlı bilgi olarak değerlendirilebilir (Carroll, 2023).

Gürültünün azaltılması ve/veya yeterli sinyalin sağlanması görüntü kalitesini artırır. Bu amaçla uygun çekim parametrelerinin seçilmesi ve radyografik tekniğin optimize edilmesiyle yeterli sinyal düzeyi sağlanabilir (Carroll, 2023).

4.5.2.5. Kontrast-gürültü oranı

Kontrast-gürültü oranı (*Contrast-to-Noise Ratio* – CNR), ilgili sinyal ile arka plan gürültüsü arasındaki farkın sayısal olarak ifade edilmesidir. CNR, özellikle lezyon ile komşu normal doku arasındaki kontrastın düşük olduğu durumlarda yapıların ayırt edilebilme yeteneğini değerlendirmede önemlidir (Bastos ve Nogueira, 2025).

CNR, SNR ile benzer bir kavram olmakla birlikte, CNR değerlendirmeleri karşılaştırılan iki yapı veya alan arasındaki farka özgüdür (Carroll, 2023). Klinik uygulamada CNR'nin optimizasyonu, anatomik ve patolojik detayların daha iyi görülebilmesi açısından önem taşır (Bastos ve Nogueira, 2025).

4.5.2.6. Uniformite (homojenite)

Görüntü uniformitesi, görüntüleme sisteminin incelenen alan genelinde verdiği yanıtın tutarlılığının bir ölçüsüdür. İncelenen alana karşılık gelmeyen, patolojiyi taklit edebilecek veya maskeleyebilecek istenmeyen varyasyonların bulunmaması uniformitenin yüksek olduğunu düşündürür. Uniformitenin yüksek olması, anatomik detayların ve olası anormalliklerin doğru şekilde görselleştirilmesini destekleyerek tanısal doğruluğu artırabilir (Gulliksrud ve ark., 2014; Bastos ve Nogueira, 2025).

4.5.3. Dijital radyografik görüntülerin kalitesinin değerlendirilmesi

Görüntü kalitesinin değerlendirilmesi, deneyim ve sürekli eğitimle gelişen kalitatif/subjektif yaklaşımların yanı sıra objektif bilgi sağlayan kantitatif/objektif ölçümleri de kapsamaktadır (Carlton ve ark., 2019; Larson ve Boland, 2019; Bastos ve Nogueira, 2025). Kantitatif ölçümler, bilimsel araştırmalarda verilerin daha nesnel biçimde analiz edilmesine olanak sağlar. Böylece karşılaştırılabilir ve anlamlı sonuçlar elde edilmesini destekler (Bastos ve Nogueira, 2025).

Dijital intraoral görüntüleme sistemlerinde kalite güvence uygulamaları, görüntüleme zincirini oluşturan X-ışını cihazı, görüntü reseptörü, yazılım ve görüntüleme ekranının düzenli olarak değerlendirilmesini içerir. Bu kapsamda başlangıç kabul testleri ve periyodik kalite güvence testleriyle görüntü reseptörünün fiziksel hasar açısından incelenmesi ve

görüntü kalitesinin uygun fantomlar kullanılarak değerlendirilmesi önerilmektedir. Kalite güvence değerlendirmelerinde dinamik aralık, uzaysal çözünürlük ve kontrast algılanabilirliği gibi parametreler kullanılabilir. Görüntüleme zincirine dahil edilen farklı dezenfeksiyon veya sterilizasyon yöntemleri radyografik görüntü kalitesini etkileyebileceğinden, bu tür uygulamaların görüntü kalitesi açısından değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Buchanan ve ark., 2024).

4.5.3.1. Radyografik görüntülerin kalitesinin objektif analizi

Objektif yöntemler, gözlemciye bağlı farklılıkları azaltarak değerlendirmeyi standardize eder. Ayrıca kalite güvence süreçlerinin dijitalleştirilmesi ve otomatikleştirilmesi açısından önemli avantajlar sunar.

Objektif analizlerde radyografik görüntülerde seçilen ilgi alanı (*region of interest* – ROI) üzerinden gri değer istatistikleri hesaplanabilir. ROI içindeki gri değer ortalaması görüntünün parlaklığı veya yoğunluğu hakkında bilgi verirken, standart sapma gürültü düzeyi ile ilişkilendirilebilir. Farklı ROI'ler arasında karşılaştırma yapılarak uniformite gibi parametreler de değerlendirilebilmektedir (Farias Gomes ve ark., 2019; Souza-Pinto ve ark., 2020; Miranda-Viana ve ark., 2023; Ruiz ve ark., 2023).

4.5.3.2. Radyografik görüntülerin kalitesinin subjektif analizi

Bilgisayar ortamında değerlendirilen radyografik görüntüler, koyu arka plan üzerinde açık ayrıntıların izlendiği "negatif görüntü" veya açık arka plan üzerinde koyu ayrıntıların izlendiği "pozitif görüntü" formunda görüntülenebilir. Geleneksel olarak radyografilerin çoğunlukla negatif formda değerlendirilmesi tercih edilmektedir. Negatif formda, daha fazla X-ışınına maruz kalan alanlar daha koyu; X-ışınlarını daha fazla absorbe eden dokular ise daha açık alanlar şeklinde izlenir. Teknik olarak pozitif ve negatif formda görüntülenen radyografik görüntüler içerdiği bilgi açısından eşdeğerdir. Ancak gözlemci algısı açısından bazı ayrıntıların bir formda daha rahat seçilebildiği durumlar olabilir (Carroll, 2023).

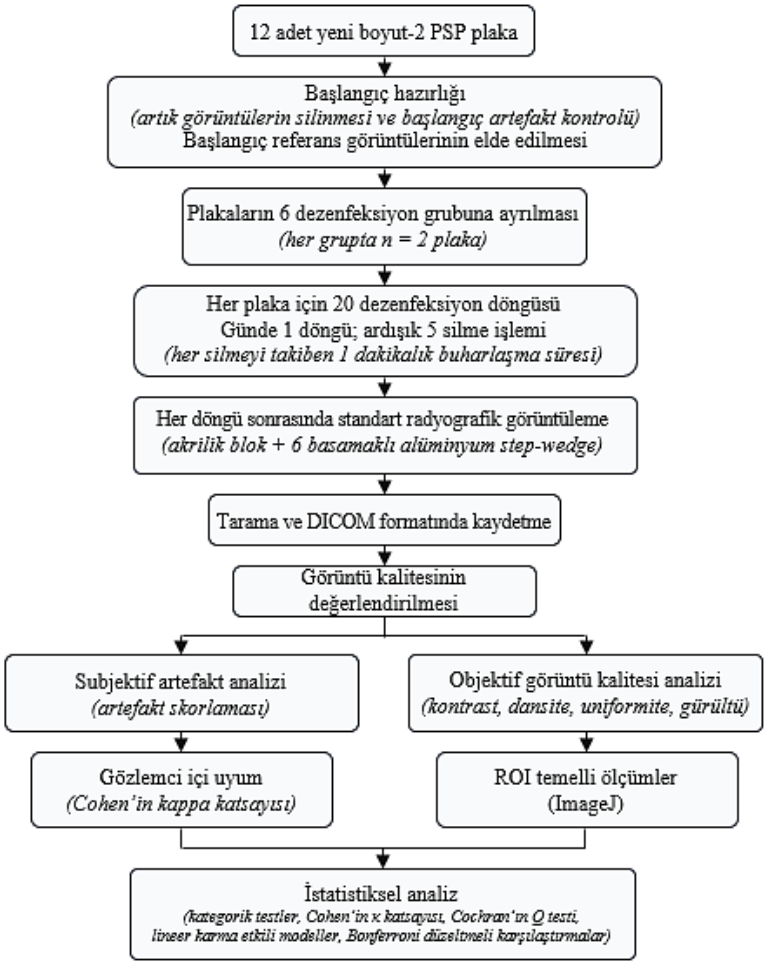
Görüntü kalitesinin subjektif analizi, radyoloji alanında deneyimli gözlemciler tarafından görüntü gürültüsü, artefakt varlığı, keskinlik ve genel görüntü netliği gibi kriterlerin görsel olarak değerlendirilmesine dayanır. Bu değerlendirmeler sonucunda, klinik uygulamada önem taşıyan görüntülerin tanısal açıdan yeterliliği belirlenebilir (Bastos ve Nogueira, 2025).

Bu tez çalışmasında, intraoral indirekt dijital görüntülemede farklı enfeksiyon kontrol prosedürleri sonrasında elde edilen radyografik görüntülerin kalitesi objektif ve subjektif yöntemler birlikte kullanılarak değerlendirilmiştir.

5. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu tez çalışmasında insan katılımcı, hasta verisi, insan dokusu veya deney hayvanı kullanılmadığından etik kurul onayı gerekmemiştir.

Bu *in vitro* deneysel çalışmada, farklı dezenfeksiyon protokollerinin intraoral indirekt dijital görüntülemede kullanılan PSP plakaların artefakt oluşumu ve görüntü kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada 12 adet yeni 2 numara PSP plaka kullanılmış, plakalar 6 dezenfeksiyon grubuna ayrılmış ve her plaka toplam 20 dezenfeksiyon döngüsüne tabi tutulmuştur. Radyografik görüntüler standardize koşullarda elde edilmiş; görüntü kalitesi subjektif artefakt analizi ve objektif gri değer ölçümleri ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın deneysel tasarımı, görüntü elde etme süreci ve görüntü kalitesi analizleri Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Çalışmanın deneysel tasarımını, görüntü elde etme sürecini ve görüntü kalitesi analizlerini gösteren akış şeması.

5.1. PSP plakaların hazırlanması ve başlangıç referans görüntülerinin elde edilmesi

Bu çalışmada, farklı dezenfeksiyon yöntemlerinin görüntü kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla 12 adet yeni ve kullanılmamış 2 numara PSP plaka (VistaScan Image Plate, Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya) kullanılmıştır.

Çalışma öncesinde PSP plakalar, sisteme ait tarayıcı (VistaScan Mini, Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya) kullanılarak güçlü ışık kaynağı yardımıyla olası artık görüntü hafızasından arındırılmış ve başlangıç durumuna getirilmiştir.

Her PSP plaka, çizik veya üretim kusuru bulunup bulunmadığını değerlendirmek ve dezenfeksiyon işlemleri sonrasında oluşabilecek artefaktlarla karşılaştırmak amacıyla akrilik blok ve 6 basamaklı Al step-wedge ile ekspoze edilmiştir. Her plaka için akrilik blok ile 2 adet ve Al step-wedge ile 2 adet olmak üzere toplam 48 adet başlangıç referans görüntüsü kaydedilmiştir.

Elde edilen test görüntüleri artefakt varlığı açısından değerlendirilmiş ve herhangi bir artefakt saptanmayan PSP plakalar çalışmaya dahil edilmiştir.

5.2. PSP plakaların dezenfeksiyon işlemleri

PSP plakalar, uygulanacak dezenfeksiyon protokolüne göre 6 gruba ayrılmıştır. Her grupta 2 adet PSP plaka yer almıştır. Çalışmada test edilen dezenfeksiyon protokolleri, kullanılan dezenfektan formülasyonu ve uygulama yöntemi dikkate alınarak oluşturulmuştur. Gruplara ait dezenfektan içerikleri ve uygulama yöntemleri Tablo 2'de, dezenfeksiyon protokollerinde kullanılan ürünler Şekil 4'te gösterilmiştir.

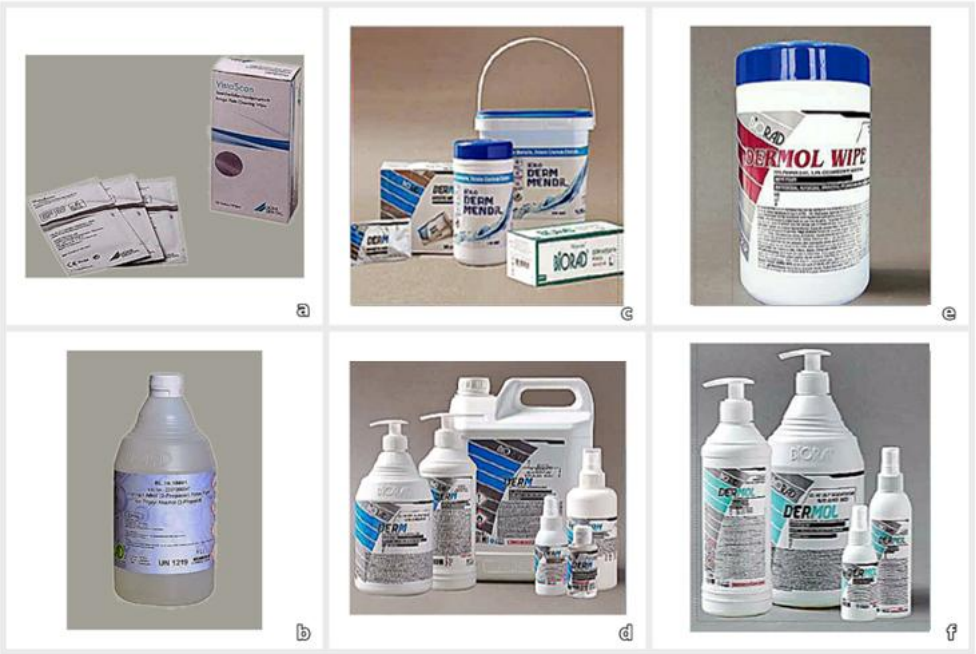
Kılıfsız PSP plakalar, tek kullanımlık dezenfektan mendil veya 30 cm mesafeden dezenfektan solüsyon püskürtülmüş kâğıt mendil kullanılarak silinmiştir. Silme işlemi, plaka yüzeyinin tamamını kapsayacak şekilde, hafif parmak basıncıyla ve ileri-geri hareketlerle 10 sn süreyle uygulanmıştır. Her silme işleminden sonra, plaka yüzeyindeki dezenfektanın tamamen buharlaşması için 1 dk beklenmiştir (Wenzel ve ark., 2013; Pamukcu ve Peker, 2022).

Klinik koşulların simülasyonu amacıyla her PSP plaka, ait olduğu dezenfeksiyon protokolüne göre toplam 100 silme işlemine tabi tutulmuştur. Dezenfeksiyon uygulamaları, her biri 5 silme işleminden oluşan 20 döngü şeklinde planlanmıştır. Her döngü farklı bir günde gerçekleştirilmiş ve döngüler arasında yaklaşık 24 saat olacak şekilde zamanlama sağlanmıştır. Böylece her plaka 20 ardışık gün boyunca günde 5 kez silinmiştir.

Tablo 2. Dezenfeksiyon grupları, kullanılan dezenfektanlar ve uygulama yöntemleri.

Grup	Plaka sayısı	Dezenfektan içeriği	Ürün	Uygulama yöntemi
Grup 1	n = 2	IPA	VistaScan Image Plate Cleaning Wipe, Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya	Tek kullanımlık dezenfektan mendil ile silme
Grup 2	n = 2	%99,9 IPA	BIORAD İzopropil alkol, Necm Kimya, İstanbul, Türkiye	Dezenfektan solüsyonun kâğıt mendile püskürtülmesiyle silme
Grup 3	n = 2	%60 EA + %10 IPA	BIORAD DERM, Necm Kimya, İstanbul, Türkiye	Tek kullanımlık dezenfektan mendil ile silme
Grup 4	n = 2	%60 EA + %10 IPA	BIORAD DERM, Necm Kimya, İstanbul, Türkiye	Dezenfektan solüsyonun kâğıt mendile püskürtülmesiyle silme
Grup 5	n = 2	%70 IPA + %2 CHX	BIORAD DERMOL, Necm Kimya, İstanbul, Türkiye	Tek kullanımlık dezenfektan mendil ile silme
Grup 6	n = 2	%70 IPA + %2 CHX	BIORAD DERMOL, Necm Kimya, İstanbul, Türkiye	Dezenfektan solüsyonun kâğıt mendile püskürtülmesiyle silme

EA: etil alkol; IPA: izopropil alkol; CHX: klorheksidin



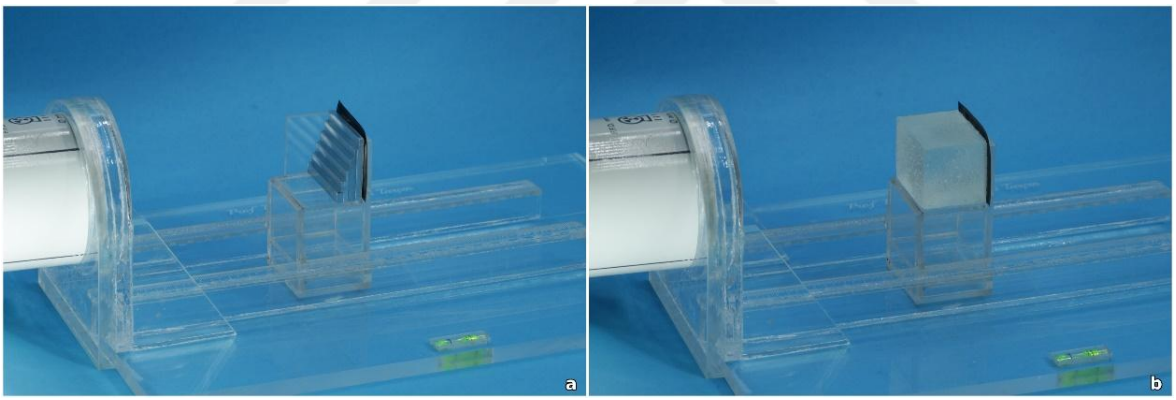
Şekil 4. Dezenfeksiyon protokollerine göre çalışmada kullanılan dezenfektanlar: **a)** IPA içeren tek kullanımlık dezenfektan mendil, **b)** %99,9 IPA içeren dezenfektan solüsyon, **c)** %60 EA + %10 IPA içeren tek kullanımlık dezenfektan mendil, **d)** %60 EA + %10 IPA içeren dezenfektan solüsyon, **e)** %70 IPA + %2 CHX içeren tek kullanımlık dezenfektan mendil, **f)** %70 IPA + %2 CHX içeren dezenfektan solüsyon.

Döngüler arasında PSP plakalar, aynı ortam koşullarında, kontaminasyon ve fiziksel temas riskini en aza indirecek şekilde kapalı olarak muhafaza edilmiştir. Her plaka yalnızca ait olduğu grupta kullanılmıştır. Dezenfeksiyon işlemlerine bağlı olarak ortaya çıkabilecek olası artefaktlar ve görüntü kalitesi değişiklikleri, ilgili plakanın başlangıç referans görüntüleri esas alınarak subjektif ve objektif yöntemlerle değerlendirilmiştir.

5.3. Radyografik görüntülerin elde edilmesi

Radyografik görüntülerin elde edilmesinde standardizasyonu sağlamak amacıyla özel olarak tasarlanıp üretilmiş pleksiglas bir düzenek kullanılmıştır. Bu düzenek, X-ışını kaynağı ile PSP plaka arasında dik açılı ve sabit mesafeli, tekrarlanabilir bir görüntüleme geometrisi sağlamaktadır. Kaynak-PSP plaka mesafesi 33,5 cm olarak ayarlanmıştır.

Görüntüleme sırasında, %99,5 saflıkta Al'den üretilmiş ve her biri 2 mm artış gösteren 6 basamaktan oluşan Al step-wedge ile 3,0 × 4,0 × 3,0 cm boyutlarında akrilik blok kullanılmıştır. Al step-wedge ve akrilik blok, PSP plakanın hassas yüzeyine yerleştirilerek sabitlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Standardize edilmiş radyografik görüntüleme düzeneği. Pleksiglas düzenek üzerinde **a)** PSP plaka yüzeyine yerleştirilmiş Al step-wedge, **b)** PSP plaka yüzeyine yerleştirilmiş akrilik blok.

Tüm radyografik görüntüler; 1,5 mm Al eşdeğeri toplam filtrasyona sahip dental röntgen cihazı (Evolution x3000 2-C/1 New Life, New Life Radiology, Grugliasco, TO, İtalya) kullanılarak elde edilmiştir. Ekspozür parametreleri 70 kVp, 7 mA ve 0,2 sn olarak ayarlanmıştır. Bu parametreler, step-wedge üzerindeki 6 basamağın net görüntülenmesini sağlayacak şekilde belirlenmiştir.

Dezenfeksiyon işlemlerinden önce her PSP plaka, akrilik blok ve 6 basamaklı Al step-wedge ile ekspoze edilerek başlangıç referans görüntüleri elde edilmiştir. Her plaka için 2 adet

akrilik blok ve 2 adet Al step-wedge görüntüsü olmak üzere toplam 4 adet başlangıç referans görüntüsü kaydedilmiştir. Böylece 12 PSP plakadan toplam 48 başlangıç referans görüntüsü elde edilmiştir.

Her dezenfeksiyon döngüsünün tamamlanmasının ardından ilgili PSP plaka, akrilik blok ve Al step-wedge ile tekrar ekspoze edilmiştir. X-ışını çıkışındaki olası küçük dalgalanmaların etkisini azaltmak amacıyla her fantom için görüntü alımı 2 tekrar şeklinde gerçekleştirilmiştir. Dezenfeksiyon uygulamasını takiben radyografik görüntüler derhal alınmış ve zaman veya saklama koşullarına bağlı olası etkileri en aza indirmek amacıyla PSP plakalar gecikmeden taranmıştır.

Tüm tarama işlemleri VistaScan Mini tarayıcı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Görüntüler, 50 µm piksel boyutu ve teorik olarak 10 lp/mm uzaysal çözünürlüğe sahip standart tarama modunda taranmış ve DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) formatında kaydedilmiştir.

Böylece her PSP plaka için başlangıç referans görüntüleri dahil toplam 84 radyografik görüntü elde edilmiştir. Bu sayı; 20 döngü × 4 görüntü ve 4 başlangıç referans görüntüsünden oluşmaktadır. Çalışmanın tamamında ise 12 plaka × 84 görüntü olmak üzere toplam 1008 radyografik görüntü kaydedilmiştir (Şekil 6).

5.4. Radyografik görüntü kalitesinin değerlendirilmesi

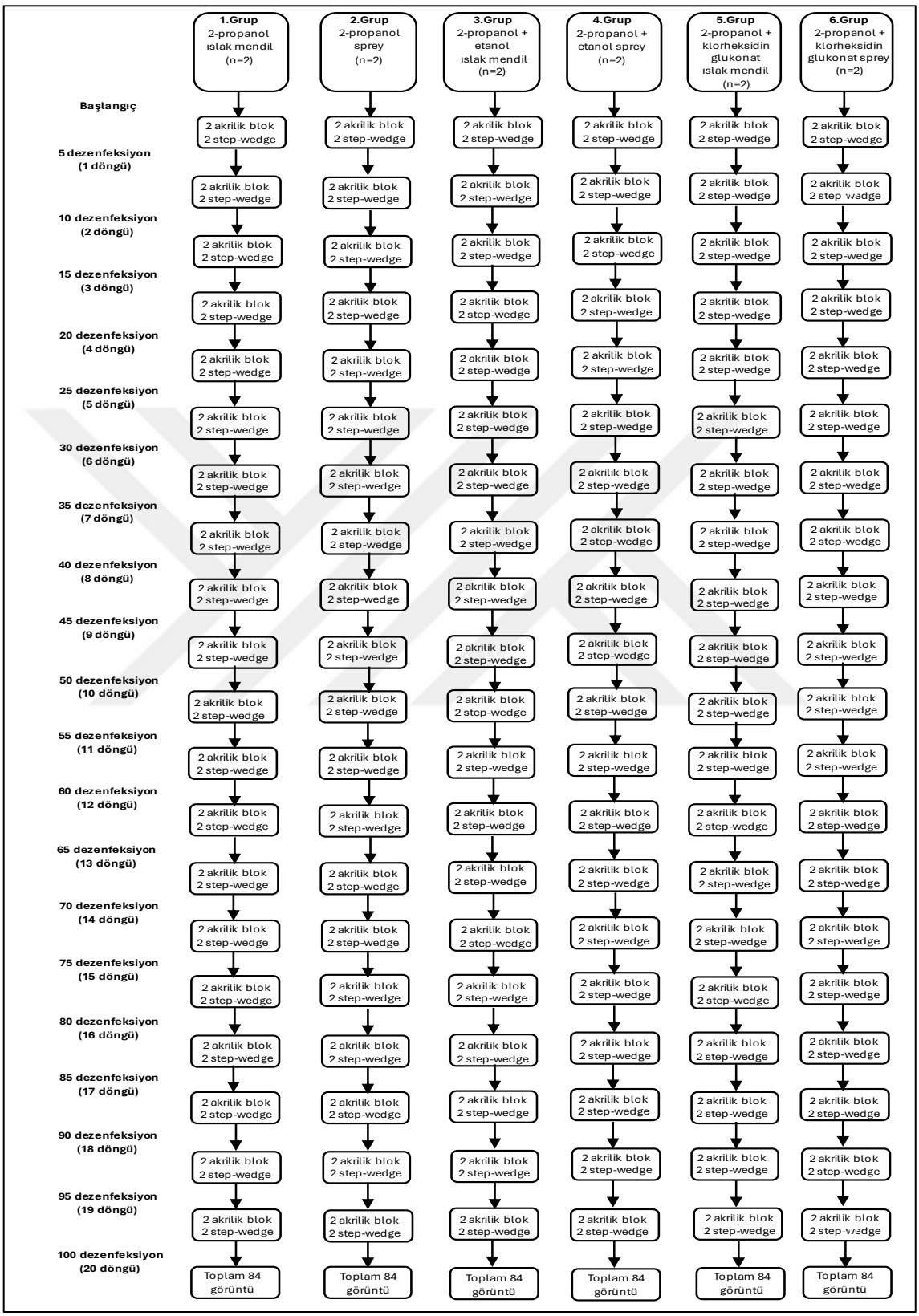
Radyografik görüntü kalitesi subjektif ve objektif yöntemlerle değerlendirilmiştir. Subjektif değerlendirmede akrilik blok görüntülerinde oluşan artefaktlar görsel olarak incelenmiştir. Objektif değerlendirmede ise Al step-wedge ve akrilik blok görüntüleri üzerinde gri değer analizleri yapılmıştır.

5.4.1. Subjektif değerlendirme

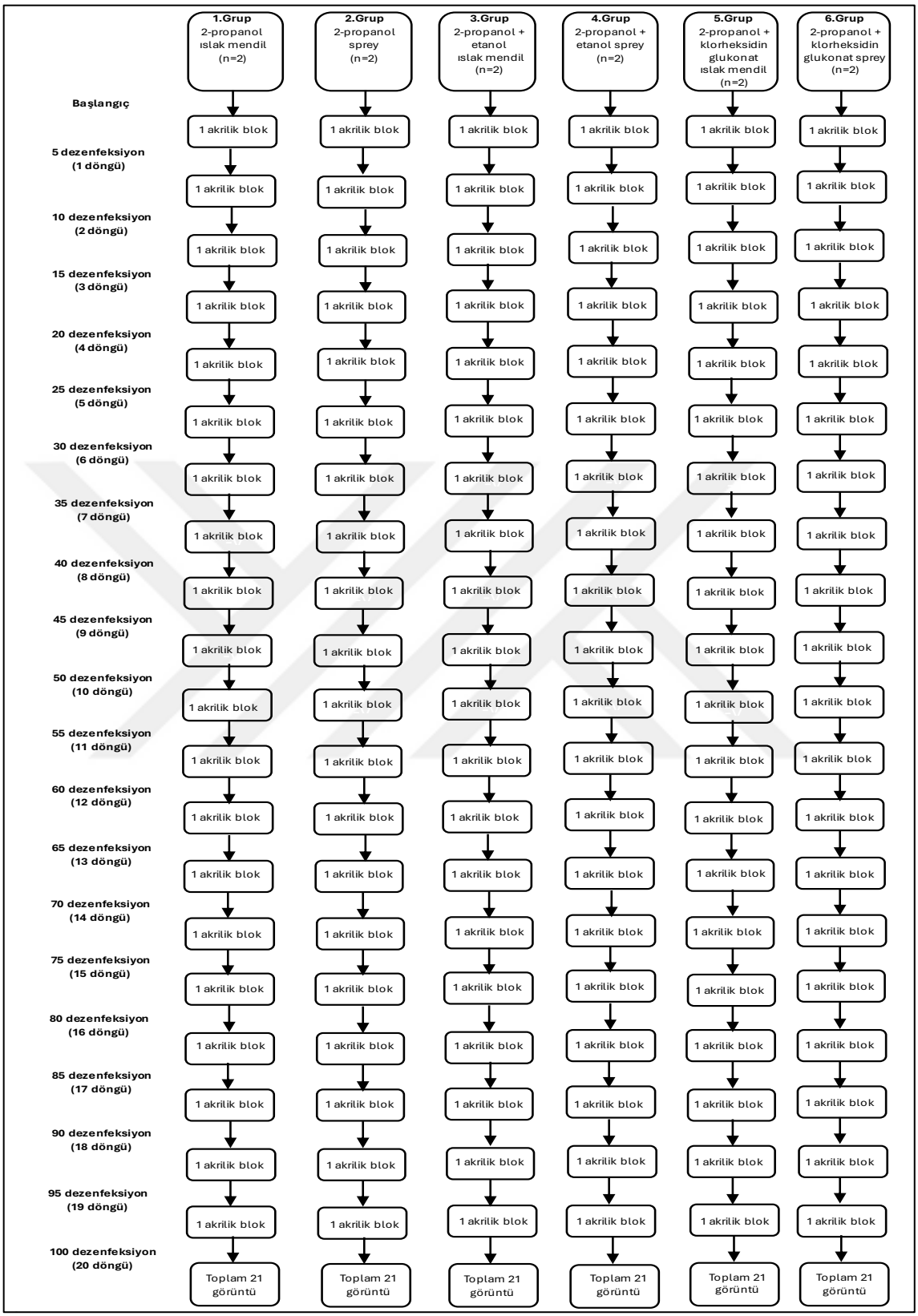
Subjektif analizde, her dezenfeksiyon döngüsü sonunda her plaka ile elde edilen 2 tekrar akrilik blok görüntüsü arasından rastgele seçilen 1 görüntü değerlendirmeye alınmıştır. Bu görüntüler, ilgili plakaya ait başlangıç referans görüntüsü ile birlikte analiz edilmiştir. Her plaka için elde edilen 2 başlangıç akrilik blok görüntüsü arasından rastgele seçilen 1 görüntü, subjektif analizde referans görüntü olarak kullanılmıştır.

Bu doğrultuda toplam 252 radyografik görüntü değerlendirilmiştir. Bu sayı, 12 plakaya ait 20 döngü görüntüsünden elde edilen 240 görüntüye, her plaka için seçilen 1 başlangıç

referans görüntüsünün eklenmesiyle oluşmuştur [(12 plaka × 20 döngü) + 12 başlangıç görüntüsü] (Şekil 7).



Şekil 6. Dezenfeksiyon prosedürü ve görüntü gruplarının oluşturulmasına ait akış şeması.



Şekil 7. Subjektif analiz için görüntü gruplarının oluşturulmasına ait akış şeması.

Bu değerlendirmede temel amaç artefakt varlığını ve boyutunu belirlemek olduğundan ve X-ışını tüp voltajındaki olası küçük dalgalanmalar subjektif analizi etkilemediğinden her dezenfeksiyon döngüsü için tek bir akrilik blok görüntüsünün değerlendirilmesi yeterli kabul edilmiştir.

Her görüntüde PSP plakanın sınırlarına karşılık gelen dört kenar "a", "b", "c" ve "d" olarak etiketlenmiştir. Tüm görüntüler aşağıdaki 3 puanlı skala kullanılarak skorlanmıştır (Wenzel ve ark., 2013; Pamukcu ve Peker, 2022):

0: Görüntüde artefakt yok
1: Görüntünün kenarlarında küçük artefaktlar (<0,5 cm) mevcut
2: Görüntünün kenarlarında büyük artefaktlar (≥0,5 cm) mevcut

Her görüntü, ilgili plakaya ait başlangıç referans görüntüsü ile karşılaştırılarak artefakt varlığı ve derecesi açısından değerlendirilmiştir. Artefakt boyutu ImageJ yazılımı (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm, artefaktın görüldüğü kenarda artefaktın dış sınırından görüntünün merkezine doğru yapılmıştır. Ölçüm yönü; a ve c kenarları için yatay düzleme paralel, b ve d kenarları için yatay düzleme dik olacak şekilde belirlenmiştir. Her görüntü için en büyük ölçüm değeri esas alınmıştır (Correia-Dantas ve ark., 2023).

5.4.2. Objektif değerlendirme

Radyografik görüntü kalitesinin objektif analizi, ImageJ yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Objektif analizde değerlendirilen parametreler kontrast, dansite, uniformite ve gürültü olarak belirlenmiştir.

Bu parametrelerin hesaplanmasında, görüntüler üzerinde tanımlanan ROI'lerin içindeki ortalama gri değer ve standart sapma ölçümlerinden yararlanılmıştır. ROI'lerin tüm görüntülerde aynı konum ve boyutta uygulanabilmesi amacıyla ImageJ yazılımının makro fonksiyonu kullanılmış ve ROI yerleşimi standardize edilmiştir. Objektif analizlerde kullanılan ROI yerleşimleri Şekil 8'de gösterilmiştir.

5.4.2.1. Kontrast analizi

Görüntü kontrastı, Al step-wedge ile elde edilen radyografik görüntülerde değerlendirilmiştir. Her döngü sonunda step-wedge ile 2 tekrar görüntü alındığı ve başlangıç referans görüntülerinin de step-wedge için 2 tekrar olacak şekilde elde edildiği dikkate

alındığında, kontrast analizi için toplam 504 görüntü değerlendirilmiştir [(20 döngü × 2 tekrar × 12 plaka) + (2 başlangıç referans görüntüsü × 12 plaka)].

Kontrast analizinde, literatürde tanımlanan yönteme paralel olarak step-wedge görüntüleri üzerinde eş boyutta 6 adet dikdörtgen ROI tanımlanmıştır. Bu ROI'lerin 3'ü Al step-wedge görüntüsünün 1. basamağına, diğer 3'ü ise 6. basamağına karşılık gelen bölgelere yerleştirilmiştir. Birinci basamak 2 mm, altıncı basamak ise 12 mm Al kalınlığını temsil etmektedir. Her basamak için konumlandırılan 3 ROI'den biri görüntünün merkezine, diğer ikisi ise merkeze eşit uzaklıkta ve aynı seviyede olacak şekilde konumlandırılmıştır (Şekil 8a) (Correia-Dantas ve ark., 2023; Ruiz ve ark., 2024).

Her ROI için ortalama gri değer hesaplanmıştır. Ardından 1. basamaktaki 3 ROI'nin gri değerlerinin ortalaması ROI 1, 6. basamaktaki 3 ROI'nin gri değerlerinin ortalaması ROI 2 olarak tanımlanmıştır. Görüntüdeki kontrast değişimi yüzdesi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Correia-Dantas ve ark., 2023):

$$\text{Kontrast değişimi (\%)} = {(ROI\ 2 - ROI\ 1) \times 100}/{ROI\ 2}$$

5.4.2.2. Dansite, gürültü ve uniformite analizi

Dansite, gürültü ve uniformite analizleri akrilik blok ile elde edilen radyografik görüntülerde gerçekleştirilmiştir. Her döngü sonunda akrilik blok ile 2 tekrar görüntü alındığı ve başlangıç referans görüntülerinin de akrilik blok için 2 tekrar olacak şekilde elde edildiği dikkate alındığında, bu analizler için toplam 504 görüntü değerlendirilmiştir [(20 döngü × 2 tekrar × 12 plaka) + (2 başlangıç referans görüntüsü × 12 plaka)].

5.4.2.2.1. Dansite ve gürültü analizi

Dansite ve gürültü analizlerinde, akrilik blok görüntüsünün merkezi alanını kapsayacak şekilde kare şeklinde bir ROI seçilmiştir (Şekil 8b). Bu ROI içindeki ortalama gri değer, görüntü dansitesini temsil edecek şekilde kaydedilmiştir. Aynı ROI içindeki gri değerlerin standart sapması ise gürültü göstergesi olarak kullanılmıştır.

Literatürde belirtildiği üzere, ortalama gri değerin artması daha düşük dansiteli, yani daha açık görüntü ile ilişkilidir (Correia-Dantas ve ark., 2023; Ruiz ve ark., 2024).

5.4.2.2.2. Uniformite analizi

Uniformite değerlendirmesinde, görüntü üzerinde farklı bölgelerin simetrik biçimde tanımlanabilmesi için referans çizgiler oluşturulmuştur. Görüntüyü üst-alt ve sağ-sol olarak ikiye bölen yatay ve dikey çizgilere ek olarak, bu çizgileri kesen 45° açı yapan iki açıortay çizgisi çizilmiştir. Ardından kare şeklinde 5 adet ROI seçilmiştir. Bu ROI'lerden biri çizgilerin kesişim noktasındaki görüntü merkezine, diğer 4 ROI ise açıortaylar üzerinde merkeze simetrik olacak şekilde konumlandırılmıştır (Şekil 8c) (Correia-Dantas ve ark., 2023).

Uniformite değeri, bu 5 ROI'nin her birinde ölçülen gri değerlerin standart sapmalarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Literatürde belirtildiği gibi standart sapmanın artması daha düşük uniformite, yani daha heterojen görüntü yapısı ile ilişkilidir (Correia-Dantas ve ark., 2023; Ruiz ve ark., 2024).



Şekil 8. Objektif görüntü kalitesi analizlerinde kullanılan ROI yerleşimleri: **a)** kontrast analizi için Al step-wedge görüntüsü üzerinde ROI'lerin konumlandırılması, **b)** dansite ve gürültü analizi için akrilik blok görüntüsünde merkezi ROI'nin seçimi, **c)** uniformite analizi için akrilik blok görüntüsünde 5 ROI'nin konumlandırılması.

5.5. Gözlemci ve Değerlendirme Koşulları

Operatör kaynaklı değişkenliği en aza indirmek amacıyla dezenfeksiyon uygulamaları, radyografik görüntülerin elde edilmesi, tarama işlemleri, dijital ortama aktarım ve ölçümler aynı araştırmacı (BA) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Dezenfeksiyon işlemleri kontrollü nem ve sıcaklık koşullarına sahip, iyi havalandırılmış bir odada gerçekleştirilmiş ve tüm uygulamalar sırasında lateks eldiven kullanılmıştır.

Tüm radyolojik değerlendirmeler; 24 inç medikal monitör (NEC MD242C2, 1920 × 1200 piksel, Hiliex Advanced Medical Technologies, California, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılarak yarı karanlık ve sessiz bir ortamda, yaklaşık 40 cm izleme mesafesinde gerçekleştirilmiştir.

Subjektif değerlendirmede incelenen görüntüler, değerlendirme sırasında dezenfeksiyon grubu ve döngü bilgisi görünmeyecek şekilde kodlanmış ve gözlemciye karışık sırada sunulmuştur. Gözlemci-içi tutarlılığın değerlendirilmesi için görüntülerin %50'si (n = 126) rastgele seçilmiş ve ilk değerlendirmeden 1 ay sonra aynı koşullar altında tekrar analiz edilmiştir.

Objektif analizlerde ROI'lerin konumu ve boyutu ImageJ yazılımının makro fonksiyonu kullanılarak tüm görüntülerde otomatik olarak standardize edilmiştir. Bu nedenle objektif ölçümler operatör müdahalesinden bağımsız ve tekrarlanabilir nitelikte kabul edilmiş; objektif analizler için ayrıca gözlemci-içi tutarlılık analizi yapılmamıştır.

5.6. İstatistiksel değerlendirme

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizi IBM SPSS Statistics 27.0 yazılımı (IBM Corp., Armonk, NY, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Parametrik test varsayımlarının sağlanmadığı durumlarda veriler tanımlayıcı istatistikler olarak ortalama ± standart sapma ve medyan değerleri ile sunulmuştur.

Subjektif artefakt analizinde elde edilen kategorik verilerin gruplar arası karşılaştırmalarında Fisher-Freeman-Halton exact testi ve Ki-kare testi kullanılmıştır. Döngülere göre grup içi tekrarlı ölçümlerin karşılaştırılmasında Cochran'ın Q testi uygulanmıştır.

Gözlemci-içi uyumun değerlendirilmesinde Cohen'in kappa katsayısı hesaplanmıştır. Kappa değerleri; 0,61–0,80 arası iyi uyum, 0,81–1,00 arası ise çok iyi uyum olarak yorumlanmıştır.

Kontrast değişim yüzdesi, dansite, uniformite ve gürültü değişimi parametrelerinin; döngü, uygulama yöntemi ve dezenfektan madde değişkenlerine göre değerlendirilmesinde lineer karma etkili model (*Linear Mixed-Effects Model* – LMM) kullanılmıştır. Modelde döngü, uygulama yöntemi ve dezenfektan madde sabit etkiler (*fixed effects*) olarak tanımlanmış; bu değişkenler arasındaki etkileşimler de modele dahil edilmiştir. Anlamlı bulunan ana etkiler için Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırmalar (*estimated marginal means*) uygulanmıştır.

6. BULGULAR

Çalışmada 12 adet yeni ve kullanılmamış 2 numara PSP plaka altı dezenfeksiyon grubuna eşit olarak dağıtılmıştır. Her grupta 2 PSP plaka yer almış ve her plaka, her biri 5 silme işleminden oluşan 20 dezenfeksiyon döngüsüne tabi tutulmuştur. Subjektif değerlendirme, her plaka için her döngü sonunda elde edilen akrilik blok görüntülerinden rastgele seçilen bir görüntü üzerinden yapılmıştır. Objektif görüntü kalitesi değerlendirmesi ise çalışma süresince tekrarlı olarak elde edilen Al step-wedge ve akrilik blok görüntülerinden yapılan gri değer ölçümlerine dayandırılmıştır.

6.1. Subjektif artefakt değerlendirmesi

Subjektif artefakt değerlendirmesinde, akrilik blok görüntülerinde PSP plaka kenarlarında oluşan artefaktlar skorlanmış ve gruplar arasında karşılaştırılmıştır.

6.1.1. Artefaktın ilk görüldüğü döngü, toplam artefakt yükü ve kenar dağılımı

Artefaktın ilk görüldüğü döngü, toplam artefakt yükü, skor dağılımı ve kenar lokalizasyonu Tablo 3'te sunulmuştur. Artefaktlar tüm gruplarda erken dezenfeksiyon döngülerinde ortaya çıkmıştır. Artefaktın ilk görüldüğü döngü 1. ve 6. döngüler arasında değişmiştir. En geç artefakt başlangıcı Grup 2'de Plaka 1'de 6. döngüde saptanmıştır.

Toplam artefakt sayıları incelendiğinde, en düşük artefakt yükü Grup 1'de görülmüştür. Grup 1'de Plaka-1'de 5, Plaka-2'de 18 artefakt kaydedilmiştir. En yüksek artefakt yükü Grup 6'da saptanmış; bu grupta Plaka 1'de 57, Plaka 2'de 69 artefakt gözlenmiştir. Grup 5'te de yüksek artefakt yükü izlenmiş; Plaka 1'de 42, Plaka 2'de 57 artefakt kaydedilmiştir.

Artefakt skorları değerlendirildiğinde, gözlenen artefaktların büyük çoğunluğunu "Skor 1" düzeyindeki küçük kenar artefaktları oluşturmuştur. "Skor 2" düzeyindeki büyük artefaktlar sınırlı sayıda izlenmiş ve yalnızca Grup 5 ile Grup 6'da ortaya çıkmıştır. Grup 5'te Plaka 1'de 1 adet, Grup 6'da Plaka 1'de 3 adet "Skor 2" artefakt saptanmıştır.

Kenar bazlı dağılım incelendiğinde tüm gruplar ve plakalar için ortak bir lokalizasyon paterni saptanmamıştır. Bununla birlikte, bazı plakaların belirli kenarlarında tekrarlayan artefakt yoğunlaşmaları görülmüştür. Grup 1, Grup 2 ve Grup 3'ün ikinci plakalarında "c" kenarında artefakt birikimi dikkat çekmiştir. Grup 5 ve Grup 6'da ise "a" ve "c" kenarlarında artefakt görülme eğilimi daha belirgin olmuştur.

Tablo 3. Artefaktın ilk görüldüğü döngü, toplam artefakt yükü ve kenar dağılımı.

Grup	Plaka	Artefakt görülen ilk döngü	Toplam artefakt (n)	"Skor 1" görülen görüntü (n)	"Skor 2" görülen görüntü (n)	Artefakt görülen kenar			
						a n (%)	b n (%)	c n (%)	d n (%)
1	1	1	5	5	0	3 (%15)	2 (%10)	0 (%0)	0 (%0)
	2	3	18	18	0	0 (%0)	0 (%0)	18 (%90)	0 (%0)
2	1	6	14	14	0	0 (%0)	12 (%60)	0 (%0)	2 (%10)
	2	1	37	37	0	13 (%65)	4 (%20)	20 (%100)	0 (%0)
3	1	3	44	44	0	17 (%85)	17 (%85)	10 (%50)	0 (%0)
	2	1	53	53	0	18 (%90)	15 (%75)	20 (%100)	0 (%0)
4	1	4	31	31	0	0 (%0)	15 (%75)	7 (%35)	9 (%45)
	2	2	21	21	0	0 (%0)	18 (%90)	0 (%0)	3 (%15)
5	1	2	42	41	1	17 (%85)	5 (%25)	11 (%55)	9 (%45)
	2	1	57	57	0	20 (%100)	10 (%50)	20 (%100)	7 (%35)
6	1	4	57	54	3	11 (%55)	16 (%80)	13 (%65)	17 (%85)
	2	1	69	69	0	20 (%100)	19 (%95)	19 (%95)	11 (%55)

6.1.2. Artefakt skorlarının grup ve plaka bazında dağılımı

Artefakt skorlarının grup ve plaka bazında dağılımı Tablo 4'te verilmiştir. Skor dağılımları hem gruplar hem de plakalar arasında farklılık göstermiştir. Her iki plakada da en yüksek "Skor 0" yani artefakt bulunmayan görüntü oranı Grup 1'de saptanmıştır (Plaka 1: %93,8 ve Plaka 2: %77,5). Grup 2'de de Plaka 1'de "Skor 0" oranının yüksek olduğu görülmüştür (%82,5). "Skor 1" düzeyindeki küçük artefaktlar özellikle Grup 5 ve 6'da daha sık izlenmiş, en yüksek oranlar Plaka 2'de Grup 5'te %71,3 ve Grup 6'da %86,2 olarak bulunmuştur. "Skor 2" düzeyindeki büyük artefaktlar sınırlı sayıda saptanmış ve yalnızca Plaka 1'de Grup 5 (%1,3) ve Grup 6'da (%3,8) gözlenmiştir.

Tablo 4. Artefakt skorlarının grup ve plaka bazında dağılımı.

Plaka	Skor	Grup 1 (n = 80)	Grup 2 (n = 80)	Grup 3 (n = 80)	Grup 4 (n = 80)	Grup 5 (n = 80)	Grup 6 (n = 80)
		n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
1	0	75 (%93,8)	66 (%82,5)	36 (%45,0)	49 (%61,3)	38 (%47,5)	23 (%28,7)
	1	5 (%6,3)	14 (%17,5)	44 (%55,0)	31 (%38,8)	41 (%51,2)	54 (%67,5)
	2	0 (%0,0)	0 (%0,0)	0 (%0,0)	0 (%0,0)	1 (%1,3)	3 (%3,8)
2	0	62 (%77,5)	43 (%53,8)	27 (%33,8)	59 (%73,8)	23 (%28,7)	11 (%13,8)
	1	18 (%22,5)	37 (%46,2)	53 (%66,2)	21 (%26,2)	57 (%71,3)	69 (%86,2)
	2	0 (%0,0)	0 (%0,0)	0 (%0,0)	0 (%0,0)	0 (%0,0)	0 (%0,0)

6.1.3. Döngülere göre artefakt görülme oranlarının değerlendirilmesi

Döngülere göre artefakt görülme oranlarının gruplar arasındaki karşılaştırması Tablo 5'te verilmiştir. Dezenfeksiyon gruplarında başlangıç, 1., 5., 10., 15. ve 20. döngülerde elde edilen akrilik blok görüntüleri Şekil 9'da verilmiştir.

Gruplar arasında 1., 3., 6., 7., 8. ve 9. döngülerde artefakt görülme oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Buna karşılık 2., 4., 5. ve 10.–20. döngülerde gruplar arasında artefakt görülme oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p < 0,05$).

Erken döngülerde anlamlı fark görülen zaman noktalarında Grup 5'in artefakt oranları dikkat çekmiştir. Grup 5'te artefakt görülme oranı 2. ve 5. döngülerde %87,5 olarak bulunmuş ve bu döngülerde diğer gruplara göre daha yüksek değerler göstermiştir. Dördüncü döngüde ise Grup 5 (%75,0), Grup 6 (%62,5) ve Grup 3 (%50,0) daha yüksek artefakt oranlarına sahip gruplar olarak izlenmiştir.

Onuncu döngüden itibaren artefakt görülme oranları özellikle Grup 6'da belirginleşmiştir. Grup 6'da 10. döngüden 20. döngüye kadar birçok zaman noktasında artefakt görülme oranı %100'e ulaşmıştır. Grup 1 ise genel olarak en düşük artefakt oranlarına sahip grup olarak izlenmiştir.

Grup içi değerlendirmede, Grup 1'de döngüler arasında artefakt görülme oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p = 0,672$). Buna karşılık Grup 2, Grup 3, Grup 4, Grup 5 ve Grup 6'da döngülere bağlı olarak artefakt görülme oranlarında istatistiksel olarak anlamlı değişiklik saptanmıştır (sırasıyla $p = 0,005$; $p = 0,001$; $p = 0,004$; $p = 0,008$; $p = 0,001$).

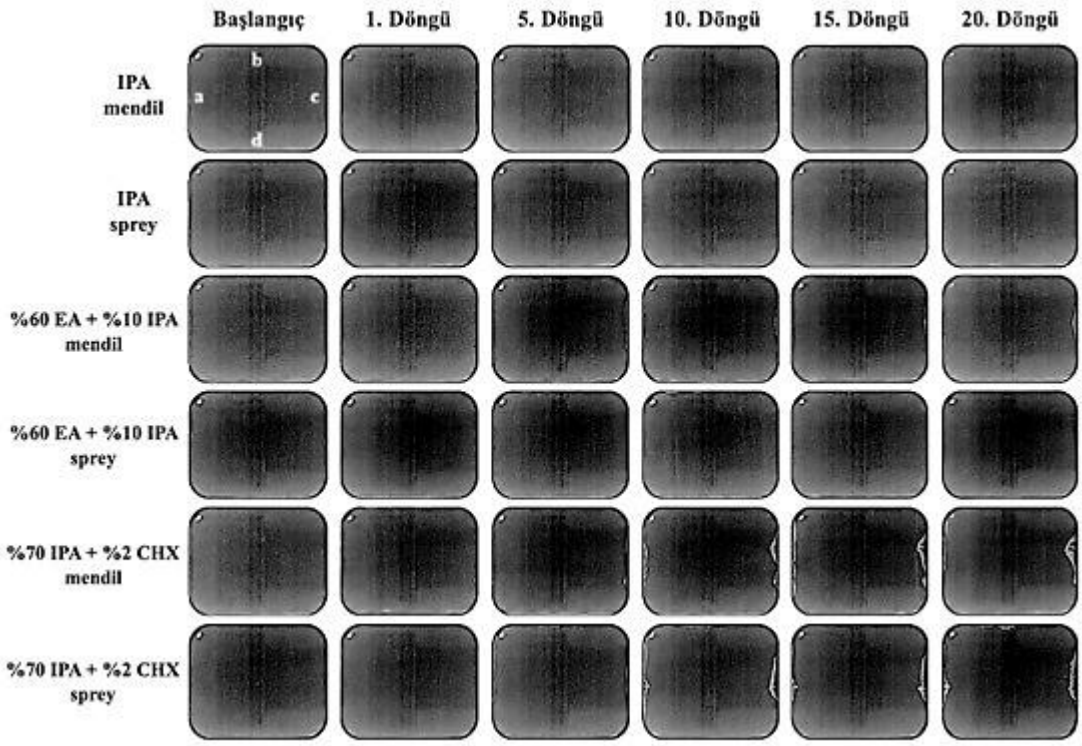
Tüm döngüler birlikte değerlendirildiğinde gruplar arasında artefakt görülme oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0,001$). En yüksek toplam artefakt görülme oranı Grup 6'da (%75,0), en düşük oran ise Grup 1'de (%13,7) saptanmıştır. Grup 3 (%57,7) ve Grup 5 (%58,9); Grup 1 (%13,7), Grup 2 (%30,4) ve Grup 4'e (%31,0) göre daha yüksek artefakt oranları göstermiştir.

Dezenfeksiyon gruplarında başlangıç ve seçilmiş döngülere ait akrilik blok görüntüleri Şekil 9'da gösterilmiştir. Görsel değerlendirmede, özellikle %70 IPA + %2 CHX içeren protokollerde ilerleyen döngülerle birlikte kenar artefaktlarının daha belirgin hale geldiği izlenmiştir.

Tablo 5. Döngülere göre artefakt görülme oranlarının dezenfeksiyon grupları arasında karşılaştırılması.

Döngü	Artefakt Görülme Oranları						[1]p
	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6	
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	
0	0 (%0,0)	0 (%0,0)	0 (%0,0)	0 (%0,0)	0 (%0,0)	0 (%0,0)	-
1	1 (%12,5)	1 (%12,5)	1 (%12,5)	0 (%0,0)	3 (%37,5)	1 (%12,5)	0,598
2	0 (%0,0)	1 (%12,5)	1 (%12,5)	1 (%12,5)	7 (%87,5)	3 (%37,5)	0,001*
3	1 (%12,5)	1 (%12,5)	3 (%37,5)	0 (%0,0)	5 (%62,5)	3 (%37,5)	0,061
4	1 (%12,5)	1 (%12,5)	4 (%50,0)	2 (%25,0)	6 (%75,0)	5 (%62,5)	0,042*
5	1 (%12,5)	1 (%12,5)	4 (%50,0)	2 (%25,0)	7 (%87,5)	4 (%50,0)	0,014*
6	1 (%12,5)	2 (%25,0)	5 (%62,5)	3 (%37,5)	5 (%62,5)	5 (%62,5)	0,188
7	1 (%12,5)	1 (%12,5)	4 (%50,0)	3 (%37,5)	5 (%62,5)	5 (%62,5)	0,123
8	1 (%12,5)	3 (%37,5)	5 (%62,5)	3 (%37,5)	6 (%75,0)	6 (%75,0)	0,094
9	1 (%12,5)	2 (%25,0)	5 (%62,5)	3 (%37,5)	6 (%75,0)	6 (%75,0)	0,055
10	1 (%12,5)	2 (%25,0)	5 (%62,5)	2 (%25,0)	7 (%87,5)	8 (%100,0)	0,001*
11	1 (%12,5)	3 (%37,5)	6 (%75,0)	2 (%25,0)	5 (%62,5)	8 (%100,0)	0,003*
12	1 (%12,5)	3 (%37,5)	6 (%75,0)	3 (%37,5)	6 (%75,0)	8 (%100,0)	0,003*
13	1 (%12,5)	3 (%37,5)	6 (%75,0)	2 (%25,0)	4 (%50,0)	8 (%100,0)	0,003*
14	1 (%12,5)	4 (%50,0)	6 (%75,0)	2 (%25,0)	4 (%50,0)	8 (%100,0)	0,001*
15	2 (%25,0)	4 (%50,0)	6 (%75,0)	4 (%50,0)	5 (%62,5)	8 (%100,0)	0,049*
16	1 (%12,5)	4 (%50,0)	6 (%75,0)	5 (%62,5)	4 (%50,0)	8 (%100,0)	0,012*
17	1 (%12,5)	3 (%37,5)	6 (%75,0)	2 (%25,0)	4 (%50,0)	8 (%100,0)	0,003*
18	2 (%25,0)	4 (%50,0)	6 (%75,0)	4 (%50,0)	4 (%50,0)	8 (%100,0)	0,036*
19	2 (%25,0)	4 (%50,0)	6 (%75,0)	4 (%50,0)	3 (%37,5)	8 (%100,0)	0,028*
20	2 (%25,0)	4 (%50,0)	6 (%75,0)	5 (%62,5)	3 (%37,5)	8 (%100,0)	0,032*
Total	23 (%13,7)	51 (%30,4)	97 (%57,7)	52 (%31,0)	99 (%58,9)	126 (%75,0)	[+]0,001*
[2]p	0,672	0,005*	0,001*	0,004*	0,008*	0,001*	

Fisher Freeman Halton Exact test [+]Ki-kare test Cochran Q test *p < 0.05



Şekil 9. Dezenfeksiyon gruplarında başlangıç, 1., 5., 10., 15. ve 20. döngülerde elde edilen akrilik blok görüntüleri.

6.1.4. Gözlemci-içi uyum

Subjektif artefakt skorlaması için gözlemci-içi tutarlılık Cohen'in kappa katsayısı ile değerlendirilmiştir. Gözlemci-içi tutarlılık sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Kappa değerleri gruplar arasında 0,70 ile 0,97 arasında değişmiştir. En düşük uyum Grup 2'de ($\kappa = 0,70$), en yüksek uyum ise Grup 4'te ($\kappa = 0,97$) saptanmıştır. Grup 1, Grup 3, Grup 4, Grup 5 ve Grup 6'da uyum çok iyi düzeyde; Grup 2'de ise iyi düzeyde bulunmuştur. Tüm gruplar birlikte değerlendirildiğinde gözlemci-içi uyum çok iyi düzeyde saptanmıştır ($\kappa = 0,89$; %95 GA: 0,85–0,93).

Tablo 6. Gözlemci-içi tutarlılık sonuçları.

Grup	Kappa	%95 GA (Alt – Üst)	Yorum
Grup 1	0,87	0,75 – 0,99	Çok iyi
Grup 2	0,70	0,55 – 0,85	İyi
Grup 3	0,90	0,81 – 0,99	Çok iyi
Grup 4	0,97	0,91 – 1,00	Mükemmele yakın
Grup 5	0,84	0,72 – 0,96	Çok iyi
Grup 6	0,96	0,88 – 1,00	Mükemmele yakın
Total	0,89	0,85 – 0,93	Çok iyi

6.2. Objektif görüntü kalitesi değerlendirmesi

Objektif görüntü kalitesi değerlendirmesinde kontrast değişim yüzdesi, dansite, uniformite ve gürültü değişimi incelenmiştir. LMM analizleri, dezenfeksiyon protokollerinin objektif görüntü kalitesi parametrelerini aynı yönde etkilemediğini göstermiştir. Kontrast değişim yüzdesi ve gürültü değişiminde döngü, uygulama yöntemi ve dezenfektan madde açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmazken; dansite ve uniformite değişiminde dezenfektan madde faktörünün istatistiksel olarak anlamlı etkisi bulunmuştur.

6.2.1. Kontrast değişim yüzdesi

Kontrast değişim yüzdesinin döngü ve gruplara göre dağılımı Tablo 7'de, LMM sonuçları Tablo 8'de, yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı ise Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 7. Her bir döngü ve grup için kontrast değişim yüzdesi değerleri.

Döngü	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6
	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)
1	0,07±0,43 (-0,10)	-0,26±0,78 (-0,29)	0,20±0,30 (0,33)	-0,03±0,37 (0,05)	0,69±0,24 (0,61)	0,21±0,43 (0,26)
2	0,08±0,19 (0,09)	-0,17±0,50 (-0,14)	1,85±3,25 (0,48)	-0,22±0,42 (-0,22)	1,01±0,74 (1,17)	0,39±0,55 (0,41)
3	0,53±0,49 (0,59)	0,27±1,56 (0,45)	0,00±0,68 (0,14)	0,17±0,40 (0,20)	0,45±0,20 (0,47)	0,55±0,64 (0,61)
4	-0,07±0,38 (-0,07)	0,04±1,25 (0,05)	0,39±0,54 (0,34)	0,62±0,21 (0,61)	0,81±0,29 (0,70)	0,71±0,39 (0,70)
5	0,27±0,38 (0,33)	-0,26±0,75 (0,00)	-0,03±0,43 (-0,05)	-0,03±0,43 (-0,21)	0,76±0,47 (0,83)	0,39±0,94 (0,46)
6	0,59±1,81 (0,23)	-0,52±0,73 (-0,70)	-0,03±0,68 (-0,14)	-0,19±0,35 (-0,18)	0,58±0,66 (0,60)	0,07±0,75 (0,30)
7	0,07±0,83 (-0,08)	-0,77±0,71 (-0,63)	-0,54±0,31 (-0,64)	0,26±1,36 (0,32)	0,59±0,54 (0,56)	0,11±0,62 (0,26)
8	-0,13±0,49 (-0,03)	-0,67±0,81 (-0,64)	0,02±0,60 (-0,07)	0,15±1,18 (0,24)	0,48±0,67 (0,39)	0,34±1,06 (0,37)
9	0,49±0,77 (0,54)	-0,71±1,30 (-0,65)	0,36±0,56 (0,34)	-0,12±0,55 (-0,11)	0,39±0,43 (0,25)	3,71±5,65 (1,27)
10	0,37±0,55 (0,54)	-0,32±0,53 (-0,27)	2,77±4,21 (0,88)	-0,21±0,77 (-0,40)	-0,17±0,78 (-0,08)	0,21±1,11 (0,56)
11	0,15±0,54 (0,03)	-0,28±0,65 (-0,19)	0,13±0,27 (0,07)	-0,27±1,54 (-0,20)	0,89±0,13 (0,89)	0,14±0,25 (0,16)
12	0,12±0,20 (0,10)	-0,32±0,75 (-0,35)	-0,07±0,85 (-0,14)	-0,37±0,89 (-0,42)	0,96±0,41 (1,05)	-0,28±0,57 (-0,26)
13	-0,21±0,39 (-0,28)	0,08±0,41 (0,13)	-0,25±0,18 (-0,29)	0,40±1,13 (0,33)	0,17±0,23 (0,15)	0,12±0,59 (0,10)
14	0,17±0,73 (0,44)	-0,30±0,87 (-0,12)	0,19±0,52 (0,31)	0,17±1,41 (0,10)	0,90±0,17 (0,93)	0,24±0,64 (0,25)
15	-0,16±0,56 (-0,06)	-0,11±1,22 (-0,24)	0,25±0,34 (0,13)	0,21±1,80 (0,11)	0,23±0,34 (0,33)	0,01±1,49 (0,11)
16	-0,39±0,11 (-0,37)	-0,46±1,25 (-0,59)	-0,15±0,50 (-0,18)	-0,01±1,71 (-0,01)	0,46±0,72 (0,56)	0,18±1,26 (-0,03)
17	0,09±0,30 (0,13)	-0,38±0,81 (-0,47)	-0,48±0,23 (-0,52)	0,11±0,61 (0,05)	0,25±0,32 (0,34)	0,70±0,66 (0,76)
18	-0,11±0,44 (-0,22)	-0,20±0,78 (-0,40)	-0,43±0,44 (-0,39)	0,12±1,15 (0,07)	0,27±0,39 (0,15)	1,45±2,01 (0,69)
19	0,11±0,28 (0,16)	0,48±0,91 (0,34)	0,22±0,56 (0,32)	0,54±1,45 (0,47)	3,05±5,11 (0,63)	0,55±0,44 (0,52)
20	0,00±0,46 (-0,13)	0,12±0,94 (0,29)	0,38±0,45 (0,44)	0,58±0,92 (0,71)	0,80±0,34 (0,76)	0,27±0,41 (0,29)

LMM analizine göre kontrast değişim yüzdesi üzerinde döngü sayısı (p = 0,643), uygulama yöntemi (p = 0,059) ve kullanılan dezenfektan madde (p = 0,156) faktörlerinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi bulunmamıştır. Döngü × yöntem, döngü × dezenfektan madde, yöntem × dezenfektan madde ve döngü × yöntem × dezenfektan madde etkileşimleri de istatistiksel olarak anlamlı değildir (p > 0,05).

Tanımlayıcı değerler incelendiğinde, kontrast değişim yüzdesinin döngüler ve gruplar arasında dalgalanma gösterdiği; ancak döngüye, uygulama yöntemine veya dezenfektan maddeye bağlı düzenli bir değişim eğilimi oluşturmadığı görülmüştür.

Tablo 8. Kontrast değişim yüzdesi için lineer karma model sonuçları.

Kontrast değişim yüzdesi	Numerator df	Denominator df	F	P
Döngü	4	40,909	0,631	0,643
Yöntem	1	42,011	3,775	0,059
Dezenfektan madde	2	42,011	1,946	0,156
Döngü x Yöntem	4	40,909	0,538	0,709
Döngü x Dezenfektan madde	8	40,909	0,671	0,714
Yöntem x Dezenfektan madde	2	42,011	0,370	0,693
Döngü x Yöntem x Dezenfektan madde	8	40,909	0,651	0,730

Lineer Karma Etkili Model (LMM)

Tablo 9. Kontrast değişim yüzdesinin yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı.

Yöntem	Döngü	IPA	EA + IPA	IPA + CHX
		Ort ±SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)
Mendil	1	0,07 ± 0,43 (-0,10)	0,20 ± 0,30 (0,33)	0,69 ± 0,24 (0,61)
	5	0,27 ± 0,38 (0,33)	-0,03 ± 0,43(-0,05)	0,76 ± 0,47 (0,83)
	10	0,37 ± 0,55 (0,54)	2,77 ± 4,21 (0,88)	-0,17 ± 0,78 (-0,08)
	15	-0,16 ± 0,56 (-0,06)	0,25 ± 0,34 (0,13)	0,23 ± 0,34 (0,33)
	20	0,00 ± 0,46 (-0,13)	0,38 ± 0,45 (0,44)	0,80 ± 0,34 (0,76)
Sprey	1	-0,26 ± 0,78 (-0,29)	-0,03 ± 0,37 (0,05)	0,21 ± 0,43 (0,26)
	5	-0,26 ± 0,75 (0,00)	-0,03 ± 0,43 (-0,21)	0,39 ± 0,94 (0,46)
	10	-0,32 ± 0,53 (-0,27)	-0,21 ± 0,77 (-0,4)	0,21 ± 1,11 (0,56)
	15	-0,11 ± 1,22 (-0,24)	0,21 ± 1,80 (0,11)	0,01 ± 1,49 (0,11)
	20	0,12 ± 0,94 (0,29)	0,58 ± 0,92 (0,71)	0,27 ± 0,41 (0,29)

6.2.2. Dansite değişimi

Dansite değişim değerlerinin döngü ve gruplara göre dağılımı Tablo 10'da, LMM sonuçları Tablo 11'de, yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı ise Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 10. Her bir döngü ve grup için dansite değişim değerleri.

Döngü	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6
	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)
1	-301,61 ± 581,28 (-326,50)	436,87 ± 998,69 (616,40)	50,85 ± 210,93 (68,18)	68,96 ± 213,18 (4,52)	-452,62 ± 412,64 (-364,75)	-110,60 ± 441,85 (-303,00)
2	-491,46 ± 390,61 (-346,99)	263,85 ± 495,19 (423,98)	-192,72 ± 337,99 (-204,29)	222,75 ± 359,50 (209,45)	-1100,07 ± 919,04 (-966,07)	-119,70 ± 429,18 (-111,49)
3	-435,82 ± 627,85 (-334,08)	-307,94 ± 738,82 (-245,27)	93,72 ± 273,14 (57,47)	-142,58 ± 233,09 (-75,14)	-319,10 ± 401,97 (-463,61)	-334,81 ± 531,83 (-493,21)
4	-64,68 ± 266,65 (-42,34)	-244,24 ± 663,86 (-193,33)	-137,63 ± 573,96 (-75,64)	-165,20 ± 200,25 (-140,48)	-587,89 ± 393,23 (-588,50)	-538,46 ± 229,29 (-506,50)
5	-200,41 ± 280,84 (-277,40)	473,14 ± 364,62 (398,35)	65,08 ± 267,33 (138,99)	234,89 ± 484,72 (146,11)	-709,01 ± 208,07 (-762,26)	-30,76 ± 540,75 (-4,16)
6	-168,94 ± 430,04 (-166,42)	340,62 ± 682,98 (425,32)	35,51 ± 326,65 (-2,06)	420,97 ± 790,91 (255,85)	-1867,53 ± 2821,00 (-521,94)	-221,20 ± 482,56 (-437,91)
7	-693,86 ± 481,17 (-668,91)	170,72 ± 609,50 (202,26)	208,22 ± 317,17 (204,71)	78,56 ± 972,68 (80,64)	-503,64 ± 279,13 (-452,33)	-264,64 ± 821,06 (-59,22)
8	-264,40 ± 572,93 (-214,50)	561,22 ± 599,95 (723,68)	-142,71 ± 455,35 (-81,35)	-129,64 ± 804,14 (-243,68)	-181,72 ± 383,81 (-178,33)	-407,41 ± 811,27 (-262,38)
9	-444,84 ± 433,14 (-489,10)	269,41 ± 783,94 (325,29)	-405,60 ± 539,59 (-328,88)	195,90 ± 518,70 (133,23)	-36,11 ± 208,21 (6,02)	371,79 ± 1124,59 (65,49)
10	-282,66 ± 378,42 (-387,84)	198,84 ± 776,38 (325,75)	-217,18 ± 456,51 (-227,91)	203,83 ± 646,63 (208,84)	-132,60 ± 270,58 (-40,94)	-323,85 ± 247,85 (-339,89)
11	-416,68 ± 283,34 (-292,68)	142,41 ± 624,89 (230,99)	-101,99 ± 247,67 (-206,13)	78,82 ± 1001,12 (80,18)	-691,86 ± 303,63 (-707,66)	207,38 ± 679,14 (371,98)
12	-465,73 ± 241,61 (-491,98)	481,68 ± 569,68 (522,02)	-56,41 ± 672,98 (13,54)	210,71 ± 949,68 (202,50)	-314,36 ± 355,58 (-396,01)	209,06 ± 849,62 (321,42)
13	-225,76 ± 462,40 (-59,57)	374,62 ± 737,00 (457,94)	-190,83 ± 408,87 (-356,55)	168,17 ± 544,23 (178,47)	-379,15 ± 236,41 (-398,30)	-160,80 ± 297,36 (-178,98)
14	-211,57 ± 316,06 (-186,59)	120,51 ± 366,21 (191,62)	67,85 ± 322,95 (114,07)	321,45 ± 523,95 (317,39)	-655,30 ± 248,15 (-721,55)	-230,92 ± 559,67 (-304,54)
15	-240,41 ± 420,90 (-110,70)	151,72 ± 744,95 (131,07)	40,81 ± 123,51 (30,21)	94,84 ± 1347,98 (137,59)	-237,96 ± 464,07 (-359,61)	-1588,40 ± 2721,48 (-577,62)
16	-34,51 ± 460,63 (164,71)	495,46 ± 910,72 (488,71)	-21,29 ± 411,15 (-57,25)	-86,43 ± 1073,38 (-88,99)	-86,72 ± 381,55 (-172,83)	-333,09 ± 689,99 (-382,10)
17	-301,14 ± 385,97 (-252,57)	228,30 ± 634,59 (363,99)	227,78 ± 226,47 (250,70)	-87,01 ± 583,48 (-224,85)	-297,27 ± 194,20 (-329,96)	-317,69 ± 527,44 (-264,77)
18	-256,15 ± 457,15 (-153,04)	328,44 ± 759,61 (411,52)	227,02 ± 230,18 (308,42)	-203,74 ± 748,27 (-199,77)	-732,15 ± 393,76 (-654,51)	-526,25 ± 331,80 (-475,29)
19	-1822,20 ± 2890,10 (-610,28)	-76,82 ± 687,79 (-91,07)	-590,16 ± 1057,19 (-591,92)	-47,97 ± 1221,42 (-288,58)	-1868,20 ± 2142,32 (-881,29)	-374,97 ± 610,03 (-364,32)
20	-337,55 ± 416,75 (-201,93)	-152,31 ± 948,55 (-62,34)	-197,28 ± 601,80 (-289,86)	-382,47 ± 410,58 (-324,87)	-2120,70 ± 3021,74 (-670,46)	-216,39 ± 332,27 (-174,47)

LMM analizine göre dansite değişiminde döngü sayısı (p = 0,380) ve uygulama yöntemi (p = 0,090) faktörlerinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi bulunmamıştır. Buna karşılık dezenfektan madde faktörünün dansite değişimi üzerinde anlamlı etkisi saptanmıştır (p = 0,008). Faktörler arası etkileşimlerin hiçbiri istatistiksel olarak anlamlı değildir (p > 0,05).

Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırmalarda, %70 IPA + %2 CHX grubunun dansite değişim değerleri; IPA grubu ve %60 EA + %10 IPA grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı bulunmuştur (p < 0,05). IPA grubu ile %60 EA + %10 IPA grubu arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p > 0,05).

Tanımlayıcı değerler incelendiğinde, dansite değişim değerlerinin döngüler ve gruplar arasında dalgalanma gösterdiği; ancak döngüye veya uygulama yöntemine bağlı düzenli bir değişim eğilimi oluşturmadığı izlenmiştir.

Tablo 11. Dansite değişimi için lineer karma model sonuçları.

Dansite değişimi	Numerator df	Denominator df	F	p
Döngü	4	28,231	1,090	0,380
Yöntem	1	50,159	2,980	0,090
Dezenfektan madde	2	50,159	5,306	0,008*
Döngü x Yöntem	4	28,231	0,758	0,562
Döngü x Dezenfektan madde	8	28,231	0,367	0,929
Yöntem x Dezenfektan madde	2	50,159	0,475	0,625
Döngü x Yöntem x Dezenfektan madde	8	28,231	1,032	0,436

Lineer Karma Etkili Model (LMM) *p < 0.05

Tablo 12. Dansite değişim değerlerinin yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı.

Yöntem	Döngü	IPA	EA + IPA	IPA + CHX
		Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)
Mendil	1	-301,61 ± 581,28 (-326,50)	50,85 ± 210,93 (68,18)	-452,62 ± 412,64 (-364,75)
	5	-200,41 ± 280,84 (-277,40)	65,08 ± 267,33 (138,99)	-709,01 ± 208,07 (-762,26)
	10	-282,66 ± 378,42 (-387,84)	-217,18 ± 456,51 (-227,91)	-132,60 ± 270,58 (-40,94)
	15	-240,41 ± 420,90 (-110,70)	40,81 ± 123,51 (30,21)	-237,96 ± 464,07 (-359,61)
	20	-337,55 ± 416,75 (-201,93)	-197,28 ± 601,80 (-289,86)	-2120,75 ± 3021,74 (-670,46)
Sprey	1	436,87 ± 998,69 (616,40)	68,96 ± 213,18 (4,52)	-110,60 ± 441,85 (-303,00)
	5	473,14 ± 364,62 (398,35)	234,89 ± 484,72 (146,11)	-30,76 ± 540,75 (-4,16)
	10	198,84 ± 776,38 (325,75)	203,83 ± 646,63 (208,84)	-323,85 ± 247,85 (-339,89)
	15	151,72 ± 744,95 (131,07)	94,84 ± 1347,98 (137,59)	-1588,44 ± 2721,48 (-577,62)
	20	-152,31 ± 948,55 (-62,34)	-382,47 ± 410,58 (-324,87)	-216,39 ± 332,27 (-174,47)

6.2.3. Uniformite değişimi

Uniformite değişim değerlerinin döngü ve gruplara göre dağılımı Tablo 13'te, LMM sonuçları Tablo 14'te, yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı ise Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 13. Her bir döngü ve grup için uniformite değişim değerleri.

Döngü	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6
	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)
1	7,43 ± 13,95 (7,61)	-8,90 ± 26,12 (-15,38)	-0,65 ± 27,30 (6,21)	-9,58 ± 31,40 (-12,67)	-4,68 ± 26,60 (-7,08)	-1,22 ± 16,59 (3,73)
2	11,52 ± 9,11 (9,19)	-12,91 ± 22,70 (-10,90)	-9,19 ± 18,34 (-8,65)	-22,17 ± 25,33 (-20,66)	21,74 ± 32,69 (30,56)	-2,74 ± 22,32 (5,07)
3	26,23 ± 23,64 (19,76)	6,50 ± 15,54 (5,06)	5,48 ± 31,67 (9,11)	-7,66 ± 30,15 (-11,69)	1,17 ± 35,20 (-1,54)	8,99 ± 9,92 (8,99)
4	1,52 ± 8,20 (0,82)	4,16 ± 31,37 (16,43)	2,58 ± 15,41 (0,79)	-4,77 ± 16,71 (-2,10)	7,45 ± 17,64 (11,36)	12,73 ± 30,55 (10,03)
5	12,83 ± 7,29 (11,23)	-12,18 ± 32,30 (-11,06)	-18,79 ± 20,24 (-19,85)	-14,02 ± 20,40 (-9,37)	3,19 ± 24,81 (3,94)	-8,08 ± 19,48 (-8,19)
6	7,70 ± 10,64 (4,85)	-15,09 ± 27,1 (-10,53)	-8,44 ± 35,89 (-15,68)	-18,56 ± 25,38 (-16,48)	34,18 ± 59,88 (20,03)	-1,79 ± 14,06 (-1,42)
7	23,04 ± 17,08 (25,57)	-7,03 ± 33,95 (-3,80)	-19,81 ± 21,64 (-20,76)	-2,89 ± 43,01 (0,55)	1,99 ± 18,47 (2,51)	2,37 ± 32,88 (5,69)
8	13,91 ± 20,38 (10,74)	-14,96 ± 31,09 (-10,57)	-9,26 ± 19,32 (-12,67)	-11,38 ± 35,48 (-8,14)	-6,58 ± 23,16 (-2,87)	5,70 ± 33,04 (11,40)
9	12,01 ± 7,40 (13,62)	-15,47 ± 28,79 (-10,75)	1,45 ± 27,22 (8,69)	-21,77 ± 26,97 (-20,03)	-3,68 ± 11,19 (0,12)	-8,74 ± 39,62 (-10,22)
10	21,38 ± 20,12 (19,12)	9,69 ± 27,93 (6,13)	5,42 ± 10,30 (6,37)	-8,29 ± 34,81 (-14,59)	-10,01 ± 18,43 (-7,33)	16,38 ± 36,40 (28,84)
11	9,71 ± 10,11 (7,35)	-4,38 ± 31,11 (5,38)	3,69 ± 10,24 (3,51)	-14,97 ± 33,17 (-7,95)	3,39 ± 20,27 (5,93)	1,76 ± 30,16 (-8,92)
12	26,06 ± 22,54 (25,26)	-13,96 ± 13,42 (-16,88)	-1,58 ± 28,97 (7,26)	-11,88 ± 21,42 (-12,48)	9,95 ± 34,70 (12,30)	1,81 ± 29,31 (-3,34)
13	13,59 ± 16,55 (16,14)	-5,07 ± 32,57 (9,06)	-10,93 ± 24,46 (-5,59)	-16,88 ± 21,97 (-12,10)	17,73 ± 16,71 (15,38)	-7,26 ± 20,90 (-0,26)
14	16,00 ± 16,17 (15,49)	-14,22 ± 16,66 (-8,98)	-10,00 ± 14,84 (-10,80)	-21,31 ± 21,59 (-17,05)	7,89 ± 24,20 (17,82)	-3,13 ± 28,79 (7,51)
15	16,23 ± 23,05 (12,80)	-10,30 ± 16,45 (-12,18)	-10,48 ± 25,30 (-11,63)	-23,82 ± 45,93 (-25,91)	16,73 ± 24,60 (15,09)	41,35 ± 37,06 (28,06)
16	10,94 ± 29,73 (-1,06)	-18,17 ± 19,42 (-18,24)	-13,30 ± 21,18 (-7,67)	-9,72 ± 47,95 (-13,75)	-1,76 ± 26,91 (7,92)	-1,75 ± 28,20 (6,83)
17	24,20 ± 8,99 (26,27)	0,03 ± 21,32 (-2,12)	-17,37 ± 17,56 (-16,29)	-11,99 ± 19,26 (-8,90)	-1,66 ± 27,02 (-2,60)	-0,68 ± 23,62 (6,48)
18	23,52 ± 12,70 (29,11)	-18,23 ± 27,33 (-12,88)	-15,94 ± 21,73 (-12,78)	-17,81 ± 32,05 (-18,53)	24,25 ± 24,59 (17,67)	1,80 ± 20,75 (10,12)
19	58,29 ± 78,60 (31,4)	-4,00 ± 32,73 (7,83)	19,44 ± 42,77 (10,80)	-19,46 ± 44,32 (-12,84)	37,46 ± 31,18 (25,92)	-0,88 ± 23,83 (2,80)
20	16,65 ± 16,08 (19,94)	5,93 ± 39,02 (18,99)	-8,60 ± 28,73 (-4,85)	-13,60 ± 23,69 (-13,82)	44,91 ± 57,60 (38,98)	4,62 ± 24,96 (9,94)

LMM analizine göre uniformite değişiminde döngü sayısı (p = 0,276) ve uygulama yöntemi (p = 0,109) faktörlerinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi bulunmamıştır. Buna karşılık dezenfektan madde faktörünün uniformite değişimi üzerinde anlamlı etkisi saptanmıştır (p = 0,004). Faktörler arası etkileşimlerin hiçbiri istatistiksel olarak anlamlı değildir (p > 0,05).

Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırmalara göre, %60 EA + %10 IPA grubunun uniformite değişim değerleri; IPA grubu ve %70 IPA + %2 CHX grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı bulunmuştur (p < 0,05). IPA grubu ile %70 IPA + %2 CHX grubu arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p > 0,05).

Tanımlayıcı değerler incelendiğinde, uniformite değişim değerlerinin döngüler ve gruplar arasında dalgalanma gösterdiği; ancak döngüye veya uygulama yöntemine bağlı düzenli bir değişim eğilimi oluşturmadığı görülmüştür.

Tablo 14. Uniformite değişimi için lineer karma model sonuçları.

Uniformite değişimi	Numerator df	Denominator df	F	p
Döngü	4	30,731	1,345	0,276
Yöntem	1	81,611	2,620	0,109
Dezenfektan madde	2	81,611	6,024	0,004*
Döngü x Yöntem	4	30,731	0,327	0,857
Döngü x Dezenfektan madde	8	30,731	1,073	0,407
Yöntem x Dezenfektan madde	2	81,611	1,127	0,329
Döngü x Yöntem x Dezenfektan madde	8	30,731	0,828	0,585

Lineer Karma Etkili Model (LMM) *p < 0.05

Tablo 15. Uniformite değişim değerlerinin yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı.

Yöntem	Döngü	IPA	EA + IPA	IPA + CHX
		Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)
Mendil	1	7,43 ± 13,95 (7,61)	-0,65 ± 27,30 (6,21)	-4,68 ± 26,60 (-7,08)
	5	12,83 ± 7,29 (11,23)	-18,79 ± 20,24 (-19,85)	3,19 ± 24,81 (3,94)
	10	21,38 ± 20,12 (19,12)	5,42 ± 10,30 (6,37)	-10,01 ± 18,43 (-7,33)
	15	16,23 ± 23,05 (12,8)	-10,48 ± 25,30 (-11,63)	16,73 ± 24,60 (15,09)
	20	16,65 ± 16,08 (19,94)	-8,60 ± 28,73 (-4,85)	44,91 ± 57,60 (38,98)
Sprey	1	-8,90 ± 26,12 (-15,38)	-9,58 ± 31,40 (-12,67)	-1,22 ± 16,59 (3,73)
	5	-12,18 ± 32,30 (-11,06)	-14,02 ± 20,40 (-9,37)	-8,08 ± 19,48 (-8,19)
	10	9,69 ± 27,93 (6,13)	-8,29 ± 34,81 (-14,59)	16,38 ± 36,40 (28,84)
	15	-10,30 ± 16,45 (-12,18)	-23,82 ± 45,93 (-25,91)	41,35 ± 37,06 (28,06)
	20	5,93 ± 39,02 (18,99)	-13,60 ± 23,69 (-13,82)	4,62 ± 24,96 (9,94)

6.2.4. Gürültü değişimi

Gürültü değişim değerlerinin döngü ve gruplara göre dağılımı Tablo 16'da, LMM sonuçları Tablo 17'de, yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı ise Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 16. Her bir döngü ve grup için gürültü değişim değerleri.

Döngü	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6
	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)
1	6,00 ± 13,76 (5,21)	-10,47 ± 25,35 (-16,94)	0,57 ± 22,73 (4,59)	-3,96 ± 34,56 (-6,20)	-5,44 ± 29,47 (-11,06)	-2,60 ± 9,12 (-0,74)
2	11,14 ± 13,51 (6,92)	-11,81 ± 21,71 (-8,07)	-4,24 ± 17,26 (-2,92)	-15,49 ± 31,08 (-15,01)	28,31 ± 40,18 (42,92)	-1,13 ± 20,29 (3,62)
3	26,25 ± 24,66 (18,65)	10,47 ± 17,08 (9,66)	4,44 ± 30,09 (8,80)	1,42 ± 33,03 (-2,35)	-0,21 ± 30,90 (-1,51)	8,91 ± 5,38 (11,45)
4	2,83 ± 9,31 (2,97)	5,89 ± 32,30 (15,88)	6,65 ± 12,99 (5,53)	0,57 ± 19,57 (7,85)	1,98 ± 18,41 (5,08)	12,45 ± 30,57 (9,34)
5	9,81 ± 9,22 (7,38)	-13,20 ± 30,61 (-12,73)	-14,91 ± 19,75 (-19,68)	-9,64 ± 23,38 (-11,76)	-2,55 ± 21,38 (-3,39)	-8,08 ± 20,10 (-7,49)
6	1,20 ± 10,25 (2,33)	-19,06 ± 24,42 (-13,04)	-5,20 ± 38,30 (-12,63)	-15,02 ± 28,17 (-15,95)	37,12 ± 72,01 (14,56)	-1,79 ± 14,40 (-2,86)
7	7,46 ± 14,72 (7,08)	-13,47 ± 25,20 (-4,32)	-20,66 ± 19,84 (-18,13)	-4,11 ± 44,81 (-0,29)	-4,59 ± 12,59 (-4,61)	-1,55 ± 29,73 (2,69)
8	1,30 ± 11,96 (-0,49)	-17,79 ± 27,80 (-15,89)	-10,95 ± 22,02 (-16,19)	-12,03 ± 37,10 (-7,76)	-16,01 ± 15,29 (-12,60)	0,59 ± 34,55 (3,12)
9	6,89 ± 8,95 (10,07)	-19,15 ± 30,57 (-12,01)	6,24 ± 22,53 (8,99)	-17,97 ± 30,09 (-12,79)	-9,01 ± 9,11 (-8,96)	-9,84 ± 37,68 (-8,45)
10	16,99 ± 18,90 (11,60)	9,03 ± 27,34 (7,07)	5,24 ± 11,66 (5,06)	-3,99 ± 33,90 (-13,98)	-11,04 ± 18,08 (-6,56)	13,65 ± 28,64 (22,86)
11	7,98 ± 8,01 (6,84)	-8,16 ± 28,70 (-2,27)	3,74 ± 9,00 (4,79)	-8,35 ± 40,23 (-2,46)	2,55 ± 17,67 (4,98)	3,47 ± 30,85 (-6,59)
12	24,52 ± 23,46 (26,37)	-14,34 ± 12,37 (-13,92)	-1,69 ± 29,32 (6,72)	-4,67 ± 24,23 (-3,75)	4,73 ± 30,53 (10,73)	1,24 ± 29,96 (-1,52)
13	12,22 ± 18,36 (11,60)	-7,50 ± 32,22 (5,57)	-6,61 ± 20,26 (-2,74)	-10,47 ± 24,54 (-8,67)	11,68 ± 11,93 (8,01)	-0,31 ± 19,07 (4,90)
14	12,79 ± 10,77 (12,27)	-16,55 ± 16,25 (-14,30)	-6,94 ± 17,50 (-2,15)	-14,59 ± 25,16 (-14,04)	5,86 ± 17,53 (10,66)	2,84 ± 30,81 (12,77)
15	9,51 ± 13,90 (8,51)	-10,89 ± 15,92 (-13,79)	-4,79 ± 24,54 (-10,01)	-14,21 ± 54,54 (-16,34)	8,91 ± 21,94 (4,10)	46,89 ± 44,55 (29,40)
16	9,14 ± 24,61 (4,41)	-17,16 ± 19,69 (-18,38)	-11,93 ± 18,41 (-5,53)	-0,86 ± 53,56 (3,61)	-8,08 ± 21,49 (-0,19)	0,68 ± 31,79 (8,22)
17	14,98 ± 16,07 (16,05)	4,56 ± 26,49 (3,43)	-21,52 ± 21,26 (-24,95)	0,59 ± 31,71 (0,93)	-8,33 ± 19,99 (-10,24)	7,88 ± 33,56 (14,50)
18	12,46 ± 22,73 (17,19)	-12,27 ± 33,55 (-5,22)	-24,67 ± 20,89 (-26,87)	-3,09 ± 44,29 (-1,18)	12,79 ± 19,71 (5,61)	14,83 ± 29,58 (17,85)
19	57,94 ± 82,64 (25,66)	1,15 ± 34,97 (12,90)	20,80 ± 44,68 (5,51)	-7,81 ± 52,77 (-3,08)	43,36 ± 48,15 (21,25)	4,52 ± 26,14 (14,68)
20	12,07 ± 16,71 (10,45)	10,70 ± 39,83 (24,24)	-5,61 ± 23,82 (-6,37)	-2,27 ± 32,64 (-1,77)	49,36 ± 72,13 (28,26)	11,08 ± 26,53 (17,83)

LMM analizine göre gürültü değişimi üzerinde döngü sayısı (p = 0,286), uygulama yöntemi (p = 0,192) ve kullanılan dezenfektan madde (p = 0,442) faktörlerinin istatistiksel olarak anlamlı etkisi bulunmamıştır. Faktörler arası etkileşimler de istatistiksel olarak anlamlı değildir (p > 0,05). Döngü × yöntem etkileşimi istatistiksel anlamlılık düzeyine yaklaşmış olmakla birlikte anlamlılık sınırının altında kalmıştır (p = 0,068).

Tanımlayıcı değerler incelendiğinde, gürültü değişim değerlerinin döngüler ve gruplar arasında düzensiz dalgalanmalar gösterdiği; ancak döngüye, uygulama yöntemine veya dezenfektan maddeye bağlı belirgin bir değişim paterni oluşturmadığı izlenmiştir.

Tablo 17. Gürültü değişimi için lineer karma model sonuçları.

Gürültü değişimi	Numerator df	Denominator df	F	p
Döngü	1	73,090	1,154	0,286
Yöntem	4	28,942	1,638	0,192
Dezenfektan madde	2	73,090	0,598	0,442
Döngü x Yöntem	4	73,090	2,795	0,068
Döngü x Dezenfektan madde	8	28,942	0,289	0,883
Yöntem x Dezenfektan madde	2	28,942	0,979	0,472
Döngü x Yöntem x Dezenfektan madde	8	73,090	0,976	0,382

Lineer Karma Etkili Model (LMM)

Tablo 18. Gürültü değişim değerlerinin yöntem ve dezenfektan madde gruplarına göre dağılımı.

Yöntem	Döngü	IPA	EA + IPA	IPA + CHX
		Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)	Ort ± SS (medyan)
Mendil	1	6,00 ± 13,76 (5,21)	0,57 ± 22,73 (4,59)	-5,44 ± 29,47 (-11,06)
	5	9,81 ± 9,22 (7,38)	-14,91 ± 19,75 (-19,68)	-2,55 ± 21,38 (-3,39)
	10	16,99 ± 18,90 (11,6)	5,24 ± 11,66 (5,06)	-11,04 ± 18,08 (-6,56)
	15	9,51 ± 13,90 (8,51)	-4,79 ± 24,54 (-10,01)	8,91 ± 21,94 (4,1)
	20	12,07 ± 16,71 (10,45)	-5,61 ± 23,82 (-6,37)	49,36 ± 72,13 (28,26)
Sprey	1	-10,47 ± 25,35 (-16,94)	-3,96 ± 34,56 (-6,2)	-2,60 ± 9,12 (-0,74)
	5	-13,20 ± 30,61 (-12,73)	-9,64 ± 23,38 (-11,76)	-8,08 ± 20,10 (-7,49)
	10	9,03 ± 27,34 (7,07)	-3,99 ± 33,90 (-13,98)	13,65 ± 28,64 (22,86)
	15	-10,89 ± 15,92 (-13,79)	-14,21 ± 54,54 (-16,34)	46,89 ± 44,55 (29,4)
	20	10,70 ± 39,83 (24,24)	-2,27 ± 32,64 (-1,77)	11,08 ± 26,53 (17,83)

7. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez çalışmasında, farklı dezenfektan formülasyonları ve uygulama yöntemleriyle tekrarlanan dezenfeksiyon işlemlerinin PSP plakalarda artefakt oluşumu ve objektif görüntü kalitesi üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışmanın temel bulgusu, tekrarlayan dezenfeksiyon işlemlerinin PSP plakaların tüm görüntü kalitesi parametrelerini aynı düzeyde etkilemediği; en belirgin etkinin subjektif artefakt oluşumunda ortaya çıktığıdır. Tekrarlayan dezenfeksiyon döngüleriyle artefakt yükü artmış ve bu artış özellikle IPA + CHX içeren protokollerde daha belirgin hale gelmiştir. En düşük artefakt yükü IPA içeren dezenfektan mendil protokolünde gözlenirken, en yüksek artefakt yükü %70 IPA + %2 CHX içeren protokollerde saptanmıştır. Buna karşılık objektif görüntü kalitesi parametrelerindeki değişikliklerin daha sınırlı ve seçici olduğu saptanmıştır. Kontrast değişim yüzdesi ve gürültü değişimi istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkilenmezken, dansite ve uniformite kullanılan dezenfektan maddeden anlamlı düzeyde etkilenmiştir. Bu bulgular, tekrarlayan dezenfeksiyon işlemlerinin PSP plaka bütünlüğünü öncelikle artefakt oluşumu yoluyla etkilediğini; objektif görüntü kalitesi parametrelerindeki değişikliklerin ise büyük ölçüde dezenfektan bileşimine bağlı olduğunu düşündürmektedir.

Tekrarlayan dezenfeksiyon döngüleri boyunca artefakt yükünde gözlenen belirgin artış, PSP plaka yüzeyinde kümülatif bir bozulma oluştuğunu düşündürmektedir. Bu bulgu, tekrarlayan manipülasyon ve dezenfeksiyon işlemlerinin PSP plakalarda kenar artefaktlarını ve yüzey hasarını artırabileceğini gösteren önceki çalışmalarla uyumludur. Pamukçu ve ark. (2022), belirli kılıf/dezenfeksiyon kombinasyonlarında artefakt oluşumunun arttığını bildirmiştir. Pamukçu ve Peker (2022) ise EA'nın kenar artefaktlarına neden olduğunu, buna karşılık hipokloröz asit ve beyaz sirke uygulamalarında artefakt oluşmadığını göstermiştir. Benzer şekilde Correia-Dantas ve ark. (2023), IPA ve EA bazlı dezenfeksiyonun küçük ve kenarla sınırlı artefaktlara yol açtığını; ancak VistaScan sisteminde IPA'nın EA'ya kıyasla daha erken ve daha büyük artefaktlara neden olduğunu bildirmiştir. Ayrıca Wenzel ve ark. (2013), PSP plakaların tekrarlayan şekilde silinmesi sonrasında EA'nın IPA'ya kıyasla daha şiddetli artefaktlar oluşturduğunu bildirmiş ve dezenfektan bileşiminin plaka hasarının derecesini etkileyebileceğini öne sürmüştür.

PSP plakaların dezenfeksiyonu sonrası görüntü kalitesi üzerine yapılan çalışmalar; kullanılan PSP sistemi, dezenfektan formülasyonu, dezenfeksiyon döngüsü sayısı, uygulama yöntemi ve değerlendirme yaklaşımı açısından belirgin farklılıklar göstermektedir (Tablo 19).

Tablo 19. PSP plakaların dezenfeksiyonu sonrası görüntü kalitesi üzerine yapılan çalışmalar.

Yazar	Yıl	Çalışmanın amacı	PSP sistemi	Dezenfeksiyon protokolü	Değerlendirme yaklaşımı	Temel bulgular
Wenzel ve ark.	2013	Alkol bazlı dezenfektanların antimikrobiyal etkinliğini ve PSP plakalarda oluşturduğu görüntü değişikliklerini değerlendirmek	Digora Optime VistaScan	4 g IPA %82 EA + %0,5 CHX + %2 gliserol Dezenfektan mendille silme	Mikrobiyolojik analiz Subjektif artefakt değerlendirmesi	Alkol bazlı dezenfeksiyon sonrası özellikle görüntü kenarlarında artefakt oluşumu
Pamukcu ve ark.	2022	Tek ve çift bariyer kullanılan PSP plakalarda farklı dezenfeksiyon uygulamalarının artefakt oluşumuna etkisini değerlendirmek	VistaScan	%70 EA Dezenfektan mendille silme ve solüsyon püskürtme	Subjektif artefakt değerlendirmesi	Çift bariyer ve mendille silme protokolünde artefakt oluşumu yok, tek bariyer ve solüsyon püskürtme protokolünde artefakt oluşumu var
Pamukcu ve Peker	2022	Farklı dezenfektanların PSP plakalarda artefakt oluşumu üzerine etkisini değerlendirmek	VistaScan	%70 EA Hipokloröz asit Asetik asit (beyaz sirke) Solüsyonların mendile püskürtülmesiyle silme	Subjektif artefakt değerlendirmesi	Sadece %70 etil alkolle silme sonrasında kenar artefaktı oluşumu
Correia-Dantas ve ark.	2023	Alkol bazlı dezenfektanların PSP plakalarda artefakt oluşumu ve görüntü kalitesi üzerine etkisini değerlendirmek	Express VistaScan	%70 EA %70 IPA Dezenfektan mendille silme	Subjektif artefakt değerlendirmesi Objektif görüntü kalitesi değerlendirmesi	Alkol bazlı dezenfeksiyon ile sistem ve dezenfektan türüne bağlı olarak artefakt ve objektif kalite değişiklikleri oluşumu
Buchanan ve ark.	2024	Farklı dezenfeksiyon protokollerinin PSP plakaların görüntü kalitesine etkisini değerlendirmek	Digora Optime	%95 EA N-alkil dimetil etilbenzil amonyum klorür (%0,14) + N-alkil dimetil benzil amonyum klorür (%0,14) Hidrojen peroksit gazı Dezenfektan mendille silme Solüsyonların mendile püskürtülmesiyle silme	Dental Dijital Kalite Güvence fantomuyla analiz	Görüntünün dinamik aralığında değişiklik yok, kontrast çözünürlüğü ve uzaysal çözünürlüğünde küçük değişiklikler
Ruiz ve ark.	2024	Farklı dezenfektanların antimikrobiyal etkinliğini ve PSP plakalarda artefakt oluşumu ve görüntü kalitesi üzerine etkisini değerlendirmek	Express	Beyaz sirke (%4) Asetik asit (%10) Perasetik asit (%0,2) Solüsyonların mendile püskürtülmesiyle silme	Mikrobiyolojik analiz Subjektif artefakt değerlendirmesi Objektif görüntü kalitesi değerlendirmesi	Görüntüde artefakt oluşumu Perasetik asit kullanımında dansite, uniformite ve kontrastta değişiklik
Borge ve ark.	2026	Klorheksidin bazlı dezenfektanların PSP plakalarda artefakt oluşumu ve görüntü kalitesi üzerine etkisini değerlendirmek	Express VistaScan	%2'lik sulu klorheksidin çözeltisi (CHX AQ) %2'lik alkollü klorheksidin çözeltisi (CHX AL) Çözeltilerin mendile püskürtülmesiyle silme	Subjektif artefakt değerlendirmesi Objektif görüntü kalitesi değerlendirmesi	Görüntüde artefakt oluşumu yok, uniformite ve kontrastta değişiklik yok, parlaklık ve gürültüde değişiklik

Tablo 19'da özetlenen çalışmalar dikkate alındığında, mevcut çalışmada elde edilen bulguların literatürdeki genel eğilimle uyumlu olduğu; ancak dezenfektan formülasyonu, PSP sistemi ve değerlendirme yöntemindeki farklılıklar nedeniyle sonuçların doğrudan bire bir karşılaştırılmasının sınırlı olduğu görülmektedir.

Mevcut çalışmada en yüksek artefakt yükü IPA + CHX içeren protokollerde, en düşük genel artefakt yükü ise IPA mendil protokolünde gözlenmiştir. Bu çalışmada IPA ve EA aynı koşullar altında doğrudan karşılaştırılmamış olmakla birlikte, tüm alkol bazlı protokollerde artefakt görülmesi, nispeten hafif kabul edilen alkol bazlı temizlik ajanlarına tekrarlayan maruziyetin PSP plakalar için tamamen zararsız olmayabileceğini desteklemektedir. Bulgular birlikte değerlendirildiğinde, tekrarlayan dezenfeksiyon işlemlerinin PSP plaka bütünlüğünü bozabileceği ve hasarın derecesinin yalnızca tekrarlayan silme işlemine değil, kullanılan dezenfektanın kimyasal bileşimine de bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Tüm koşullarda baskın olan tek bir kenar saptanmamış olmakla birlikte, gözlenen artefakt dağılımı hasarın PSP plaka yüzeyinde rastgele dağılmadığını düşündürmektedir. Özellikle bazı plakalarda "c" kenarının tekrarlayan şekilde etkilenmesi ve en yüksek artefakt yükünün izlendiği protokollerde "a" ve "c" kenarlarının daha fazla tutulma eğilimi göstermesi, tekrarlayan dezenfeksiyon işlemlerinin reseptörün periferik bölgelerini daha belirgin etkileyebileceğini göstermektedir. Bu gözlem, alkol bazlı temizlik işlemleri sonrasında kenarla sınırlı artefaktlar tanımlayan önceki çalışmalarla uyumludur (Pamukcu ve Peker, 2022; Correia-Dantas ve ark., 2023). Correia-Dantas ve ark. (2023) ayrıca artefakt lokalizasyonunun hem kullanılan alkole hem de değerlendirilen PSP sistemine bağlı olarak değiştiğini; farklı koşullarda farklı kenarların baskın olarak etkilendiğini ve artefakt boyutunun dezenfeksiyon sayısıyla arttığını göstermiştir.

Mevcut çalışmada tüm protokoller için ortak ve sabit bir kenar dağılımı izlenmemesi de artefakt lokalizasyonunun yalnızca dezenfektana değil, reseptör yüzey özellikleri ile uygulanan protokol arasındaki etkileşime bağlı olabileceğini düşündürmektedir.

Subjektif artefakt bulgularının aksine, kontrast değişim yüzdesi ve gürültü test edilen koşullarda istatistiksel olarak stabil kalmıştır. Bu sonuç, tekrarlayan dezenfeksiyon işlemlerinin radyografik görüntü kalitesinin tüm parametrelerini aynı düzeyde bozmadığını göstermektedir.

Benzer bir bulgu Buchanan ve ark. (2024) tarafından bildirilmiş; bu çalışmada üç dezenfeksiyon protokolü arasında veya başlangıç değerlerine göre görüntü kalitesi parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Bununla birlikte Buchanan

ve ark. (2024), istatistiksel anlamlılık bulunmamasının klinik önemin olmadığı anlamına gelmeyebileceğini de vurgulamıştır. Buna karşılık Correia-Dantas ve ark. (2023), özellikle IPA uygulaması sonrasında alkol bazlı dezenfeksiyonun daha belirgin kontrast değişikliklerine yol açtığını bildirmiştir. Bu farklılıklar; kullanılan PSP sistemleri, dezenfektan bileşimi, uygulama protokolleri ve analiz için seçilen görüntü kalitesi parametrelerindeki değişkenliklerle ilişkili olabilir.

Kontrast ve gürültüden farklı olarak, dansite ve uniformite kullanılan dezenfektan maddeden anlamlı düzeyde etkilenmiştir. Bu durum, gri değer temelli parametrelerin döngü sayısı veya uygulama yönteminden çok dezenfektan bileşimine daha duyarlı olabileceğini düşündürmektedir.

Benzer bir eğilim Correia-Dantas ve ark. (2023) tarafından da bildirilmiş; alkol bazlı dezenfeksiyonun objektif görüntü kalitesi parametrelerini farklı düzeylerde etkilediği ve %70 IPA'nın %70 EA'ya kıyasla görüntü kalitesi üzerinde daha olumsuz etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Benzer şekilde Ruiz ve ark. (2024), perasetik asidin tam antimikrobiyal etkinlik göstermesine rağmen dansite, uniformite ve kontrastı etkilediğini bildirmiştir. Bu bulgular, mikrobiyolojik etkinlik ile radyografik görüntü kalitesinin korunmasının her zaman paralel ilerlemediğini ve bazı dezenfektanların diğer parametreler görece stabil kalsa bile objektif görüntü kalitesi üzerinde seçici değişikliklere yol açabileceğini desteklemektedir. Buna karşılık Borge ve ark. (2026), sulu veya alkol bazlı %2 CHX ile yapılan temizliğin tekrarlayan döngüler sonrasında genel radyografik görüntü kalitesini olumsuz etkilemediğini bildirmiştir. Mevcut bulgularla birlikte değerlendirildiğinde, CHX içeren formülasyonların etkisinin yalnızca CHX varlığına değil, dezenfektanın toplam bileşimine bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Dikkate alınması gereken bir diğer nokta, subjektif ve objektif bulgular arasındaki belirgin uyumsuzluktur. Mevcut çalışmada subjektif analiz artefakt yükünde açık bir artış olduğunu gösterirken, objektif görüntü kalitesi parametrelerindeki değişiklikler daha sınırlı ve seçici kalmıştır.

Bunun olası bir açıklaması, gözlenen artefaktların büyük ölçüde görüntü kenarlarında yer alması; buna karşılık ROI tabanlı objektif ölçümlerin görüntünün periferik sınırlarını içermeyen önceden belirlenmiş bölgelerden yapılmış olmasıdır (Correia-Dantas ve ark., 2023). Bu nedenle küçük ve kenarla sınırlı artefaktlar subjektif değerlendirmede kolaylıkla fark edilirken, tüm objektif görüntü kalitesi parametrelerinde paralel değişiklik oluşturmamış olabilir. Bu bulgular, subjektif artefakt oluşumu ile gri değer temelli objektif

ölçümlerin her zaman aynı yönde ilerlemediğini ve birbirinin yerine geçen değil, birbirini tamamlayan sonuç ölçütleri olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Borge ve ark.'nın (2026) vurguladığı gibi, bazı objektif parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunması, özellikle değişiklikler küçük ve döngüler arasında tutarsız olduğunda, genel görüntü kalitesinde homojen bir bozulma olduğu anlamına gelmeyebilir. Bu yorum, Ruiz ve ark.'nın (2024) gri değerlerdeki değişikliklerin her zaman insan gözüyle algılanabilir düzeyde olmayabileceği ve bu nedenle görüntüye dayalı tanı üzerindeki gerçek etkilerinin ayrıca araştırılması gerektiği yönündeki görüşüyle de uyumludur.

Klinik açıdan değerlendirildiğinde, bu bulgular PSP plakalar için dezenfeksiyon protokollerinin yalnızca dekontaminasyon etkinliği açısından değil, plaka bütünlüğü ve görüntü kalitesi üzerindeki olası etkileri açısından da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bazı protokoller mikrobiyolojik açıdan etkili görünse de tekrarlayan kullanım artefakt yükünü artırabilir veya gri değer temelli görüntü kalitesi parametrelerini seçici olarak değiştirebilir. Bu nedenle dezenfektan seçimi yapılırken, özellikle PSP plakaların zaman içinde tekrar tekrar kullanıldığı klinik ortamlarda, hem enfeksiyon kontrol etkinliği hem de radyografik görüntü kalitesinin korunması birlikte dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda düzenli kalite güvence testleri ve plaka takibi özellikle önemlidir. Buchanan ve ark.'nın (2024) da vurguladığı gibi, periyodik kalite güvence uygulamaları görüntü kalitesinin zaman içinde korunmasına ve reseptör bozulmasının erken dönemde saptanmasına katkı sağlayabilir.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Çok sayıda görüntü elde edilmiş olmasına rağmen, her grupta yalnızca 2 PSP plaka yer almıştır. Bu *in vitro* çalışmanın deneysel tasarımı rutin klinik kullanımı olabildiğince taklit etmeyi amaçlamış olsa da gerçek klinik uygulamayı tamamen yansıtmayabilir. Buchanan ve ark.'nın (2024) da belirttiği gibi, klinik kullanım yalnızca dezenfeksiyondan daha fazla bozulmaya yol açabilir; çünkü bükülme, ısırma ve konumlandırma ile ilişkili kuvvetler gibi ek mekanik stresler PSP plaka bütünlüğünü daha fazla etkileyebilir. Çalışmada yalnızca tek bir PSP sistemi değerlendirilmiştir; bu nedenle, yine Buchanan ve ark.'nın (2024) belirttiği gibi, bulgular doğrudan diğer sistemlere genellenemez. Bu durum özellikle önemlidir; çünkü Wenzel ve ark. (2013) ile Correia-Dantas ve ark. (2023) dahil olmak üzere önceki çalışmalar, aynı dezenfektan kullanıldığında bile farklı PSP sistemlerinde farklı artefakt paternleri ve şiddetlerinin ortaya çıkabileceğini göstermiştir.

Ayrıca bu çalışma doğrudan mikrobiyolojik etkinlikten çok artefakt oluşumu ve görüntü kalitesi parametrelerine odaklanmıştır. Bir diğer sınırlılık, silme süresi ve kuruma aralığının

deney boyunca standart tutulmuş olmasıdır. Önceki çalışmalar, tekrarlayan dezenfeksiyon döngüleri arasındaki kuruma süresi farklılıklarının PSP plakalarda yüzey bozulmasını ve artefakt oluşumunu etkileyebileceğini göstermiştir (Borge ve ark., 2026). Bu nedenle mevcut çalışmada kullanılan sabit silme ve kuruma aralıkları, klinik kullanım koşullarının tamamını yansıtmayabilir. Her silme işlemi 10 sn süreyle gerçekleştirilmiş ve ardından 1 dk kuruma süresi uygulanmıştır; bu protokol klinik kullanım koşullarındaki değişkenliği veya pratikte tekrarlayan kullanımlar arasında oluşabilecek daha uzun aralıkları tam olarak temsil etmeyebilir. Dolayısıyla mevcut protokol hızlandırılmış veya en kötü senaryoya yakın bir tekrarlayan maruziyet modeli olarak değerlendirilebilir.

Son olarak, çalışmada belirli sayıda tekrarlayan dezenfeksiyon döngüsü, belirli kimyasal ajanlar ve uygulama yöntemleri değerlendirilmiştir. Bu nedenle farklı dezenfektan formülasyonlarının, farklı dezenfeksiyon sıklıklarının veya daha uzun kullanım sürelerinin etkileri belirsizliğini korumaktadır. Ayrıca dezenfektanlar izole kimyasal ajanlar olarak değil, ticari olarak mevcut formülasyonlar halinde seçilmiştir. Bu nedenle bulgular bu ürünlerin toplam etkilerini yansıtmakta ve gözlenen değişikliklerin tek bir aktif bileşene bağlanmasına olanak vermemektedir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, her bir bileşenin PSP plaka bozulması ve görüntü kalitesi değişikliklerine özgül katkısını daha iyi açıklayabilmek için izole kimyasal ajanların standart koşullar altında karşılaştırılması gereklidir. Ayrıca farklı PSP sistemleri, daha uzun simüle kullanım süreleri ve klinik kullanıma daha yakın silme, kuruma ve yeniden kullanım aralıklarıyla yapılacak araştırmalar; kümülatif yüzey bozulması, reseptör ömrü ve görüntü kalitesi üzerindeki olası gecikmiş etkiler hakkında daha kapsamlı bilgi sağlayabilir. İdeal olarak bu çalışmalar, mikrobiyolojik etkinlik, artefakt oluşumu, objektif görüntü kalitesi ve tanısal performansı aynı deneysel tasarım içinde birlikte değerlendirmelidir.

Bu *in vitro* çalışmanın sınırlılıkları dahilinde, tekrarlayan dezenfeksiyon işlemlerinin PSP plakalarda subjektif artefakt oluşumunu artırabileceği, ancak objektif görüntü kalitesi parametrelerini aynı düzeyde etkilemediği sonucuna varılmıştır.

Çalışmada elde edilen başlıca sonuçlar şunlardır:

1. Tüm dezenfeksiyon gruplarında artefaktlar erken döngülerde ortaya çıkmış ve döngülerin tekrarlanmasıyla birlikte artefakt yükünde artış izlenmiştir.
2. En düşük artefakt yükü IPA içeren dezenfektan mendil protokolünde, en yüksek artefakt yükü ise %70 IPA + %2 CHX içeren protokollerde saptanmıştır.
3. Gözlenen artefaktların büyük çoğunluğu küçük kenar artefaktları şeklindedir. Büyük artefaktlar sınırlı sayıda izlenmiş ve yalnızca %70 IPA + %2 CHX içeren gruplarda görülmüştür.
4. Kontrast değişim yüzdesi ve gürültü değişimi; döngü, uygulama yöntemi ve dezenfektan maddeden anlamlı düzeyde etkilenmemiştir.
5. Dansite ve uniformite değişimleri uygulama yöntemi veya döngüden bağımsız olarak, kullanılan dezenfektan maddeye bağlı farklılık göstermiştir.
6. Subjektif artefakt değerlendirmesi ile objektif görüntü kalitesi ölçümleri, PSP plakaların dezenfeksiyon sonrası durumunu farklı yönleriyle ortaya koymaktadır. Bu nedenle iki değerlendirme yaklaşımı birbirini tamamlayıcı niteliktedir.
7. PSP plakalar için dezenfeksiyon protokolü seçilirken, çapraz enfeksiyonun önlenmesinin yanı sıra reseptör bütünlüğünün ve radyografik görüntü kalitesinin korunması da dikkate alınmalıdır.

8. KAYNAKLAR

Akçiçek G, Çağırankaya LB, Avcu N. Fosfor plak sistemlerinde karşılaşılan temel sorunlar. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg. 2016;26(14):66-72.

Akdeniz BG, Gröndahl HG, Kose T. Effect of delayed scanning of storage phosphor plates. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005;99(5):603-607. https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.10.021

Akpınar YZ, Uzun İH, Yılmaz B, Tatar N. Protetik tedavilerde çapraz enfeksiyon kontrolü. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg. 2013;23(7):142-149.

Alpaslan GH. Sterilizasyon yöntemleri ve sterilizasyon cihazları. Türk Dişhekimleri Birliği Derg. 2000;(58):45-50.

American Dental Association Council on Scientific Affairs. The use of dental radiographs: update and recommendations. J Am Dent Assoc. 2006;137(9):1304-1312. https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0393

Ang DB, Angelopoulos C, Katz JO. How does signal fade on photo-stimulable storage phosphor imaging plates when scanned with a delay and what is the effect on image quality?. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2006;102(5):673-679. https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2005.11.002

Arısoy M. Diş hekimliğinde çapraz enfeksiyonlar ve kontrolü. Ankara Üniv Diş Hek Fak Derg. 2019;46(3):187-195.

Arnold BA. Noise analysis in digital radiography. In: Kereiakes JG, Orton CG, Thomas SR, eds. Digital Radiography. Plenum Press; 1986:55-81.

Atalay Y, Asutay F, Çakmak Ö. Diş hekimliği ve çapraz enfeksiyon kontrolü. Diş Hek Derg. 2014;116:44-46.

Attaelmanan AG, Borg E, Gröndahl HG. Signal-to-noise ratios of 6 intraoral digital sensors. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2001;91(5):611-615. https://doi.org/10.1067/moe.2001.113590

Bastos AL, Nogueira MDS. Image quality in diagnostic radiology: a guide to methodologies for radiologists. Radiol Bras. 2025;58:e20240088. https://doi.org/10.1590/0100-3984.2024.0088-en

Bedard A, Davis TD, Angelopoulos C. Storage phosphor plates: how durable are they as a digital dental radiographic system? J Contemp Dent Pract. 2004;5(2):57-69.

Berkhout WE, Sanderink GC, van der Stelt PF. A comparison of digital and film radiography in Dutch dental practices assessed by questionnaire. Dentomaxillofac Radiol. 2002;31(2):93-99. https://doi.org/10.1038/sj.dmfr.4600669

Borge CP, Correia-Dantas IF, Ruiz DC, Gonzalez-Passos T, Freitas DQ, Farias-Gomes A. Cleaning of photostimulable phosphor plates with chlorhexidine-based substances does not affect image quality of radiographs. Dentomaxillofac Radiol. 2026;55(4):362-369. https://doi.org/10.1093/dmfr/twag004

Buchanan A, Ghosh S, Kalathingal S, Dalsania H, Raina R. Effect of 3 different disinfection methods on the image quality of photostimulable phosphor plates. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2024;137(2):172-181. https://doi.org/10.1016/j.oooo.2023.09.001

Carlton RR, Adler AM, Balac V. Principles of Radiographic Imaging: An Art and a Science. 6th ed. Cengage Learning; 2019.

Carroll QB. Radiography in the Digital Age: Physics, Exposure, Radiation Biology. Charles C Thomas Publisher; 2023.

Centers for Disease Control and Prevention. 2003 CDC infection control recommendations for dental health-care settings. Compend Contin Educ Dent. 2004;25(1 Suppl):43-53.

Chiu HL, Lin SH, Chen CH, Wang WC, Chen JY, Chen YK, et al. Analysis of photostimulable phosphor plate image artifacts in an oral and maxillofacial radiology department. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;106(5):749-756. https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.01.003

Choi JW. Perforation rate of intraoral barriers for direct digital radiography. Dentomaxillofac Radiol. 2015;44(3):20140245. https://doi.org/10.1259/dmfr.20140245

Correia-Dantas IF, Ruiz DC, Fontenele RC, Freitas DQ, Farias-Gomes A. Disinfection of intraoral photostimulable phosphor plates with 70% ethyl alcohol and 70% isopropyl alcohol alters image contrast and produces image artifacts. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2023;136(6):741-752. https://doi.org/10.1016/j.oooo.2023.06.011

Çalışkan A, Sumer AP. Definition, classification and retrospective analysis of photostimulable phosphor image artefacts and errors in intraoral dental radiography. Dentomaxillofac Radiol. 2017;46(3):20160188. https://doi.org/10.1259/dmfr.20160188

Dance DR, Christofides S, Maidment ADA, McLean ID, Ng KH, eds. Diagnostic radiology physics: a handbook for teachers and students. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2014.

de Souza TM, de Castro RD, de Vasconcelos LC, Pontual AD, de Moraes Ramos Perez FM, Pontual ML. Microbial contamination in intraoral phosphor storage plates: the dilemma. Clin Oral Investig. 2017;21(1):301-307. https://doi.org/10.1007/s00784-016-1790-7

Deniz Y, Kaya S. Determination and classification of intraoral phosphor storage plate artifacts and errors. Imaging Sci Dent. 2019;49(3):219-228. https://doi.org/10.5624/isd.2019.49.3.219

dos Santos Accioly Lins CC, de Moraes Ramos-Perez FM, Pontual ADA, dos Anjos Pontual ML, do Nascimento EHL. Digital oral radiography. In: Jain P, Gupta M, eds. Digitization in Dentistry: Clinical Applications. Springer; 2021:65-88.

Elkhateeb SM, Aloyouny AY, Omer MMS, Mansour SM. Analysis of photostimulable phosphor image plate artifacts and their prevalence. World J Clin Cases. 2022;10(2):437-447. https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i2.437

Esen E. Personnel protective measures for infection control in dental health care settings. Turk J Hosp Infect. 2007;11:143-146.

Farias Gomes A, Nejaim Y, Fontenele RC, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Influence of the incorporation of a lead foil to intraoral digital receptors on the image quality and root fracture diagnosis. Dentomaxillofac Radiol. 2019;48(6):20180369. https://doi.org/10.1259/dmfr.20180369

Favero MS, Bond WW. Chemical disinfection of medical and surgical materials. In: Block SS, ed. Disinfection, Sterilization, and Preservation. 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2001:881-917.

Fernandes LMPSR, Zapata RO, Rubira-Bullen IRF, Capelozza ALA. Microbiologic cross-contamination and infection control in intraoral conventional and digital radiology. RGO Rev Gaúch Odontol. 2013;61(4):609-614.

Frommer HH, Stabulas-Savage JJ. Infection control in dental practice. In: Frommer HH, Stabulas-Savage JJ, eds. Radiology for the Dental Professional. 9th ed. Elsevier Mosby; 2011:149-163.

Fulford MR, Stankiewicz NR. Infection Control in Primary Dental Care. BDJ Clinician's Guides. Springer; 2020.

Geist JR, Katz JO. Radiation dose-reduction techniques in North American dental schools. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002;93(4):496-505. https://doi.org/10.1067/moe.2002.121387

Gulliksrud K, Stokke C, Martinsen AC. How to measure CT image quality: variations in CT-numbers, uniformity and low contrast resolution for a CT quality assurance phantom. Phys Med. 2014;30(4):521-526. https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.01.006

Gulsahi A, Secgin CK. Assessment of intraoral image artifacts related to photostimulable phosphor plates in a dentomaxillofacial radiology department. Niger J Clin Pract. 2016;19(2):248-253. https://doi.org/10.4103/1119-3077.164338

Gumru B, Tarcin B, Idman E. Cross-contamination and infection control in intraoral digital imaging: a comprehensive review. Oral Radiol. 2021;37(2):180-188. https://doi.org/10.1007/s11282-020-00452-z

Hellén-Halme K, Johansson C, Nilsson M. Comparison of the performance of intraoral X-ray sensors using objective image quality assessment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2016;121(5):e129-e137. https://doi.org/10.1016/j.oooo.2016.01.016

Hokett SD, Honey JR, Ruiz F, Baisden MK, Hoen MM. Assessing the effectiveness of direct digital radiography barrier sheaths and finger cots. J Am Dent Assoc. 2000;131(4):463-467. https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0202

Hubar JS, Gardiner DM. Infection control procedures used in conjunction with computed dental radiography. Int J Comput Dent. 2000;3(4):259-267.

Hunter A, Kalathingal S, Shrout M, Plummer K, Looney S. The effectiveness of a pre-procedural mouthrinse in reducing bacteria on radiographic phosphor plates. Imaging Sci Dent. 2014;44(2):149-154. https://doi.org/10.5624/isd.2014.44.2.149

Iannucci JM, Howerton LJ. Infection control and the dental radiographer. In: Iannucci JM, Howerton LJ, eds. Dental Radiography: Principles and Techniques. 4th ed. Saunders Elsevier; 2012:140-150.

İncebeyaz B, Eren H, Öztaş B. New classification of intraoral phosphor plate artifacts based on literature review. Eur Ann Dent Sci. 2022;49(1):46-52. https://doi.org/10.52037/eads.2022.0009

Jayachandran S. Digital imaging in dentistry: a review. Contemp Clin Dent. 2017;8(2):193-194. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_535_17

Kalathingal SM, Moore S, Kwon S, Schuster GS, Shrout MK, Plummer K. An evaluation of microbiologic contamination on phosphor plates in a dental school. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;107(2):279-282. https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.05.025

Kalathingal SM, Shrout MK, Comer C, Brady C. Rating the extent of surface scratches on photostimulable storage phosphor plates in a dental school environment. Dentomaxillofac Radiol. 2010;39(3):179-183. https://doi.org/10.1259/dmfr/28972644

Kamburoğlu K, Samunahmetoğlu E, Eratam N, Sönmez G, Karahan S. Clinical comparison of intraoral CMOS and PSP detectors in terms of time efficiency, patient comfort, and subjective image quality. Imaging Sci Dent. 2022;52(1):93-101. https://doi.org/10.5624/isd.20210241

Kjelle E, Chilanga C. The assessment of image quality and diagnostic value in X-ray images: a survey on radiographers' reasons for rejecting images. Insights Imaging. 2022;13(1):36. https://doi.org/10.1186/s13244-022-01169-9

Koch S, Wagner IV, Schneider W. Effective and quality-controlled use of digital radiography in dental practice. Int J Comput Dent. 2000;3(2):107-118.

Kohli A, Puttaiah R. Dental Infection Control and Occupational Safety for Oral Health Professionals. Dental Council of India; 2008.

Kohn WG, Collins AS, Cleveland JL, Harte JA, Eklund KJ, Malvitz DM, Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Guidelines for infection control in dental health-care settings--2003. MMWR Recomm Rep. 2003;52(RR-17):1-61.

Kozmenko V, Gonzalez RR Jr, Riopelle J, Kaye AD. Disinfection agents and antiseptics. In: Kaye AD, Urman RD, Vadivelu N, eds. Essentials of Pharmacology for Anesthesia, Pain Medicine, and Critical Care. Springer; 2014:573-580. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8948-1_35

Külekçi G. Ağız mikrobiyolojisi. Türk Dişhekimleri Birliği Derg. 2000;58:10-12.

Larson DB, Boland GW. Imaging quality control in the era of artificial intelligence. J Am Coll Radiol. 2019;16(9 Pt B):1259-1266. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2019.05.048

Ludlow JB, Mol A. Digital imaging. In: White SC, Pharoah MJ, eds. Oral Radiology: Principles and Interpretation. 7th ed. St. Louis, MO: Elsevier; 2014:41-62.

MacDonald DS, Waterfield JD. Infection control in digital intraoral radiography: evaluation of microbiological contamination of photostimulable phosphor plates in barrier envelopes. J Can Dent Assoc. 2011;77:b93.

Malta CP, Damasceno NN, Ribeiro RA, Silva CS, Devito KL. Microbiological contamination in digital radiography: evaluation at the radiology clinic of an educational institution. Acta Odontol Latinoam. 2016;29(3):239-247.

Matzen LH, Christensen J, Wenzel A. Patient discomfort and retakes in periapical examination of mandibular third molars using digital receptors and film. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;107(4):566-572. https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.10.002

Miles DA. The deal on digital: the status of radiographic imaging. Compend Contin Educ Dent. 2001;22(12):1057-1064.

Miranda-Viana M, Fontenele RC, Nogueira-Reis F, Farias-Gomes A, Oliveira ML, Freitas DQ, et al. DICOM file format has better radiographic image quality than other file formats: an objective study. Braz Dent J. 2023;34(4):150-157. https://doi.org/10.1590/0103-6440202305499

Mondou D, Bonnet E, Coudert JL, Jourlin M, Molteni R, Pachod V. Criteria for the assessment of intrinsic performances of digital radiographic intraoral sensors. Acad Radiol. 1996;3(9):751-757. https://doi.org/10.1016/s1076-6332(96)80415-6

Negron W, Mauriello SM, Peterson CA, Arnold R. Cross-contamination of the PSP sensor in a preclinical setting. J Dent Hyg. 2005;79(3):8.

Nohutcu RM. Çapraz infeksiyon kontrolü: temel kurallar. Türk Dişhekimleri Birliği Derg. 2000;(58):40-42.

Nohutcu RM. Diş hekimliğinde çapraz enfeksiyon kontrolünün önemi. Hastane İnfeksiyonları Derg. 2007;11:103-106.

Pamukcu U, Peker I. Hypochlorous acid and white vinegar: Artifact-free COVID-19 disinfection options for photostimulable storage phosphor plates. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2022;134(3):367-374. https://doi.org/10.1016/j.oooo.2022.03.003

Pamukcu U, Tetik H, Peker I, Karadag Atas O, Zafersoy Akarslan Z. Effect of enveloping and disinfection methods on artefact formation on enveloped PSP plate images. Oral Radiol. 2022;38(4):558-564. https://doi.org/10.1007/s11282-022-00587-1

Parks ET, Williamson GF. Digital radiography: an overview. J Contemp Dent Pract. 2002;3(4):23-39.

Patiño-Marín N, Villa García LD, Aguirre López EC, Medina-Solís CE, Martínez Zumarán A, Martínez Rider R, et al. Sterilization and Disinfection: Ensuring Infection Control in Dental Practices. Cureus. 2025;17(2):e79041. https://doi.org/10.7759/cureus.79041

Peker I, Yapıcı S. Artefacts in intraoral digital imaging systems. Turkiye Klinikleri Oral Maxillofac Radiol-Special Topics. 2016;2(2):35-41.

Petrikowski CG. Introducing digital radiography in the dental office: an overview. J Can Dent Assoc. 2005;71(9):651.

Ramamurthy R, Canning CF, Scheetz JP, Farman AG. Impact of ambient lighting intensity and duration on the signal-to-noise ratio of images from photostimulable phosphor plates processed using DenOptix and ScanX systems. Dentomaxillofac Radiol. 2004;33(5):307-311. https://doi.org/10.1259/dmfr/91373164

Roberts MW, Mol A. Clinical techniques to reduce sensor plate damage in PSP digital radiography. J Dent Child (Chic). 2004;71(2):169-170.

Ruiz DC, Gomes AF, Fontenele RC, Haiter Neto F, Freitas DQ, Groppo FC. Could the radiographic image quality be affected by the excessive use of the photostimulable phosphor plate? Braz Dent J. 2023;34(1):39-44. https://doi.org/10.1590/0103-6440202305225

Ruiz DC, Ocampo TSC, Franco EM, Correia-Dantas IF, Mattos-Graner RO, Haiter-Neto F, et al. Peracetic acid efficacy on disinfection of photostimulable phosphor plates. Dentomaxillofac Radiol. 2024;53(8):542-548. https://doi.org/10.1093/dmfr/twae046

Sampaio-Oliveira M, Gonzalez-Passos T, Gaêta-Araujo H, Dagassan-Berndt D, Bornstein MM, Freitas DQ, et al. Intraoral digital radiography: A comprehensive report on the technical specifications of current and historical systems. Imaging Sci Dent. 2025;55(1):72-89. https://doi.org/10.5624/isd.20240248

Sanderink GC, Miles DA. Intraoral detectors. CCD, CMOS, TFT, and other devices. Dent Clin North Am. 2000;44(2):249-v.

Silva MAS, Martins MV, Medici Filho E, Moraes LC, Castilho JCM, Jorge AOC. Evaluation of the efficiency of an infection control protocol in dental radiology by means of microbiological analysis. Braz Dent Sci. 2004;7(3):15-21.

Singer M. Challenges associated with digital radiology in dentistry. EC Dent Sci. 2017;13:13-23.

Souza-Pinto GN, Santaella GM, Coli AA, Oenning AC, Haiter-Neto F. Analysis of the deterioration of photostimulable phosphor plates. Dentomaxillofac Radiol. 2020;49(6):20190500. https://doi.org/10.1259/dmfr.20190500

Spaulding EH. Chemical disinfection of medical and surgical materials. In: Lawrence C, Block SS, eds. Disinfection, Sterilization, and Preservation. Philadelphia: Lea & Febiger; 1968:517-531.

Tashiro M, Nakatani A, Sugiura K, Nakayama E. Analysis of image defects in digital intraoral radiography based on photostimulable phosphor plates. Oral Radiol. 2023;39(2):355-363. https://doi.org/10.1007/s11282-022-00645-8

Thang TST, Kishen A, Moayedi M, Tyrrell PN, Zhao W, Perschbacher SE. The effects of physical photostimulable phosphor plate artifacts on the radiologic interpretation of periapical inflammatory disease. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2020;129(6):621-628. https://doi.org/10.1016/j.oooo.2019.11.001

Uçkan S. Diş hekimliğinde dezenfeksiyon ve dezenfektanlar. Türk Dişhekimleri Birliği Derg. 2000;(58):43-44.

van der Stelt PF. Filmless imaging: the uses of digital radiography in dental practice. J Am Dent Assoc. 2005;136(10):1379-1387. https://doi.org/10.14219/jada.archive.2005.0051

Vincoff NS, Barish MA, Grimaldi G. The patient-friendly radiology report: history, evolution, challenges and opportunities. Clin Imaging. 2022;89:128-135. https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2022.06.018

Wenzel A, Frandsen E, Hintze H. Patient discomfort and cross-infection control in bitewing examination with a storage phosphor plate and a CCD-based sensor. J Dent. 1999;27(3):243-246. https://doi.org/10.1016/s0300-5712(98)00063-3

Wenzel A, Kornum F, Knudsen M, Lau EF. Antimicrobial efficiency of ethanol and 2-propanol alcohols used on contaminated storage phosphor plates and impact on durability of the plate. Dentomaxillofac Radiol. 2013;42(6):20120353. https://doi.org/10.1259/dmfr.20120353

Wenzel A, Møystad A. Work flow with digital intraoral radiography: a systematic review. Acta Odontol Scand. 2010;68(2):106-114. https://doi.org/10.3109/00016350903514426

White SC, Pharoah MJ. Oral Radiology: Principles and Interpretation. 7th ed. Elsevier; 2013.

Yoshida M, Yoshihara H, Honda E. History of digital detectors in intraoral radiography. Dent Health Curr Res. 2018;4(2):135. https://doi.org/10.4172/2470-0886.1000135

Yoshiura K. Image quality assessment of digital intraoral radiography: perception to caries diagnosis. Jpn Dent Sci Rev. 2012;48(1):42-47.

Yurttaş M. Analysis of artifacts and errors on intraoral phosphor plate radiographs: a retrospective study. Galician Med J. 2024;31(1):e-GMJ2024-A06. https://doi.org/10.21802/e-GMJ2024-A06

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı	Birdal	Soyadı	AYKUT
Doğum Yeri		Doğum Tarihi	
Uyruğu	T.C.	Tel	
E-mail			

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	**Mezuniyet Yılı**
Uzmanlık	Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı	2026
Lisans	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2015

İş Deneyimi

Görevi	**Kurum**	**Süre (Yıl - Yıl)**
Arş. Gör. Dt.	Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2023 - …
Diş Hekimi	İstanbul Okmeydanı Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi	2016 - 2023
Diş Hekimi	Özel Berkdent Diş Polikliniği	2015 - 2016

Yabancı Dil Bilgisi

Yabancı Dil	**Okuduğunu Anlama***	**Konuşma***	**Yazma***
İngilizce	İyi	İyi	İyi

Yabancı Dil Sınav Notu								
YDS	YÖKDİL	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE
	76,25							

Akademik/Lisansüstü Giriş Sınav Performansı

	Sayısal	**Eşit Ağırlık**	**Sözel**
ALES Puanı			
(Diğer) Puanı			

Program/Yazılım Bilgisi

Program/Yazılım	Kullanma Becerisi*
Microsoft Office	Çok iyi
Image J	Çok iyi

**Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendiriniz.*

10. BİLİMSEL FAALİYETLER

İkincil indekslerde taranan dergilerde yayınlanmış makale

Yaltkaya S, Aykut B, Erçalık Yalçınkaya Ş, Gümrü B. Candidiasis in oral lichen planus: complication of topical corticosteroid overuse. Aydın Dent J. 2025;11(1):89-96. https://doi.org/10.17932/iau.dental.2015.009/dental_v011i1008

Uzmanlık alanında uluslararası kitaba bölüm

Yüce M, Aykut B, Gümrü B. Handheld dental X-ray devices: indications, radiation protection, and image quality. In: Yurtseven E, ed. Academic Studies and New Visions in Health Sciences. Duvar Publishing; 2026:45-55.

Aykut B, Gümrü B. Common errors and artifacts in intraoral indirect digital imaging. In: Akça HŞ, Ünal R, eds. Innovative Applications and Research Methods in Health Sciences. Platanus Publishing; 2025:415-425.

Aykut B, Bedir T, Gümrü B. İlaç yan etkisi olarak ortaya çıkan vezikülobüllöz lezyonlar. In: Gümrü B, ed. Oral Kavitede İlaç ve Dental Materyallerin Etkisiyle Ortaya Çıkan Değişiklikler. Türkiye Klinikleri Ağız Diş ve Çene Radyolojisi - Özel Konular. Türkiye Klinikleri Yayınevi; 2025:38-45.

Aykut B, Gümrü B, Erçalık Yalçınkaya Ş. Maymun çiçeği hastalığı ve ilişkili oral lezyonlar. In: Çiftçi GG, Palalı İ, eds. Teori ve Uygulamada Sağlık Bilimleri 1. Duvar Yayınları; 2024:8-20.

Aykut B, Gümrü B. Melkersson-Rosenthal sendromu. In: Kaya Dİ, ed. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Alanında Gelişmeler. Platanus Publishing; 2024:71-79.

Aykut B, Gümrü B, Erçalık Yalçınkaya Ş. Çene kemiklerinin psödokistik lezyonları. In: Hatipoğlu F, ed. Sağlık Bilimlerinde Öncü ve Yenilikçi Çalışmalar. All Sciences Academy; 2024:283-295.

Ulusal/Uluslararası kongre (sempozyum, panel vb.) özet bildiri ve poster

Aykut B, Gümrü S, Uysal E, Tunç EŞ, Patan FE, Gümrü B. Dental tedavi için başvuran hastalarda bitkisel ürün kullanımına ilişkin tutum ve davranışların değerlendirilmesi. 4. Ulusal İstanbul Aydın Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Genç Diş Hekimleri ve Öğrenci Kongresi; 8-9 Mayıs, 2026; İstanbul, Türkiye.

Yüce M, Şahin GS, Aykut B, Erdem NF, Gümrü B. Melkersson-Rosenthal sendromu: geç tanı alan bir olguda klinik bulgular, tedavi ve takip. 4. Ulusal İstanbul Aydın Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Genç Diş Hekimleri ve Öğrenci Kongresi; 8-9 Mayıs, 2026; İstanbul, Türkiye.

Aykut B, Yüce M, Tarçın B, Gümrü B. Oral likenoid lezyonda ayırıcı tanının önemi: amalgam teması ve çoklu antihipertansif ilaç kullanımı olan bir olgu sunumu. VI. Çürümeden Koru Sempozyumu; 28-29 Nisan, 2026; İstanbul, Türkiye.

Aykut B, Yaltkaya S, Erçalık Yalçınkaya Ş, Gümrü B. Clinical features and diagnostic challenges in orofacial granulomatosis: a case series. Joint Meeting of the European Association of Oral Medicine: Region V; 25-27 Ekim, 2024; İstanbul, Türkiye.

Yaltkaya S, Aykut B, Gümrü B, Erçalık Yalçınkaya Ş. Oral mucosal burns induced by topical application of chemical agents for pain relief: case series. Joint Meeting of the European Association of Oral Medicine: Region V; 25-27 Ekim, 2024; İstanbul, Türkiye.

Yaltkaya S, Aykut B, Erçalık Yalçınkaya Ş, Gümrü B. Complications of topical steroid treatment in oral lichen planus: a case of oral candidiasis due to overuse. Joint Meeting of the European Association of Oral Medicine: Region V; 25-27 Ekim, 2024; İstanbul, Türkiye.

Bilimsel Kuruluşlardaki Üyelikler

Türk Dişhekimleri Birliği (TDB)