

# Görüntü Netleştirme İşlemlerinin Düşük Kontrastlı Detayların Seçilebilirliği Üzerindeki Etkisi: İki Farklı Monitörün Karşılaştırılması

## The Effect of Enhancement Algorithms on the Detectability of Low Contrast Details: Comparison of Two Different Monitors

Esin ALPÖZ      Elif SOĞUR      B. Güniz BAKSI

Ege Üniversitesi Dışhekimliği Fakültesi Oral Diagnoz ve Radyoloji AD, İZMİR

### Özet

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı farklı ışın süreleri kullanılarak elde edilen görüntülerde farklı netleştirme işlemlerinin düşük kontrastta detayların saptanabilirliği üzerindeki etkisini CRT ve LCD monitörlerde karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir.

**Yöntem:** Farklı boyutlarda ve derinliklerde daireler içeren alüminyum bir penetrometrenin fosfor plakları üzerine koyularak 0,05 ila 3,2 sn arasında değişen dokuz farklı ışınlama süresinde ışınlanması ile dijital görüntüler elde edildi. Elde edilen görüntülere renk kodlama, kontrast/parlaklık, histogram eşitleme ve negatif kodlama gibi görüntü netleştirme işlemleri uygulandı. Her monitörün farklı netleştirme işlemindeki algılama eğrileri çizildi. Algılama eğrilerinin ve gözlemciler tarafından saptanan daire sayılarının karşılaştırılmasında ANOVA testi kullanıldı ( $p=0,05$ ). Gruplar arasındaki fark Bonferroni/Dunn testi ile belirlendi ( $p=0,05$ ).

**Bulgular:** Çalışmaya dâhil edilen tüm netleştirme algoritmaları ile saptanabilen detay sayıları karşılaştırıldığında, CRT ve LCD monitörler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ( $p>0,05$ ). Tüm görüntü netleştirme algoritmaları için oluşturulan eğrilerin farklı monitörler için aynı olduğu gözlemlendi. Histogram eşitleme algoritması tüm ışınlama düzeylerinde en yüksek sayıda detayın seçilmesine neden oldu ( $p>0,05$ ).

**Sonuç:** Monitörler algılama açısından değerlendirildiğinde çalışmada değerlendirilen tüm görüntü netleştirme algoritmalarında LCD monitörün CRT monitörlere eşdeğerde başarı gösterdiği saptandı.

**Anahtar sözcükler:** Monitör, algılama, netleştirme algoritması, dijital radyografi

### Abstract

**Aim:** To compare liquid crystal display (LCD) monitor with cathode ray tube (CRT) monitor for the detectability of low-contrast details before and after application of various processing algorithms.

**Methods:** Digital radiographs of an aluminum test object containing holes with sizes ranging from 0.5 mm to 1.5 mm were exposed at 9 time settings ranging from 0.05 to 3.2 sec using storage phosphor plates. Images were enhanced and displayed in color-coded, contrast and brightness enhanced, histogram equalized and negative modes. Eight observers evaluated all images on CRT and LCD screens. The object detail with the lowest perceptible contrast was recorded for each observer and each monitor type. Modified perceptibility curves (PCs) were plotted according to the mean observer data. Repeated-measures ANOVA was used to compare the PCs and the perceptible number of details in original and enhanced images for each exposure ( $p=0.05$ ). Bonferroni/Dunn test was used to identify statistical differences among the groups ( $p=0.05$ ).

**Results:** No significant difference was found among CRT and LCD monitors regarding the perception of details for all exposures and processing algorithms ( $p>0.05$ ). The PCs for all processing algorithms were basically the same for two monitors ( $p>0.05$ ). Histogram equalization showed the maximum number of perceptible details in the lowest optimal exposure time and in the widest exposure range ( $p>0.05$ ).

**Conclusion:** From the perceptual point of view, performance of LCD monitor was found to be equivalent to CRT monitor for all the processing algorithms studying the recognition of low contrast details.

**Keywords:** Display monitor, perceptibility, enhancement, digital radiography

## Giriş

Dişhekimliğinde hastalıkların tanısı, tedavi planlaması, tedavi işlemleri sırasında ve klinik verilerin, hasta görüntülerinin arşivlenmesinde bilgisayar teknolojilerinden yararlanılmaktadır.<sup>1-4</sup> Dijital sistemlerde görüntülerin incelenmesinde yaygın olarak katot ışın tüplü (CRT) monitörler kullanılmaktadır.<sup>1,5</sup> CRT monitörler ucuz olmaları ve birçok patolojinin tanısı için yeterli çözünürlükteki görüntüleri nedeniyle radyoloji kliniklerinde yaygınlaşmıştır. Ancak, yapılan klinik çalışmalar CRT monitörlerin radyografik görüntüdeki içeriği maksimum düzeyde yansıtmadığını ortaya koymaktadır.<sup>2</sup> Bunun nedeni de CRT monitörlerin dışbükey olmalarına bağlı olarak distorsiyonlar ve ışık yansımaları yaratmasına bağlanmaktadır. Üretici firmalar dışbükey yüzeye sahip CRT monitörlerin bu olumsuzluğunu gidermek amacıyla, piyasaya düz ekranlı CRT monitörleri alternatif ürün olarak sunmuştur.<sup>6</sup> Böylece dışbükey ekran yapısından kaynaklı distorsiyon ve yansımalar engellenmiştir. Ancak, CRT monitörlerin (dışbükey veya düz ekran) ağırlıkları ve fazla alan kaplama sorunlarına çözüm bulunamamıştır.<sup>5</sup> Günümüzde CRT monitörlerle eşdeğer teknolojik özelliklere sahip sıvı kristal monitörlü (LCD) dizüstü bilgisayarların taşınabilir, hafif ve az yer kaplamaları gibi avantajları bulunması; katod ışın tüplü monitörlere önemli bir alternatif oluşturmaktadır.<sup>7</sup>

Literatürde farklı monitör ve görüntüleme sistemlerini karşılaştıran çalışmalar bulunmaktadır.<sup>6,8,9</sup> Ancak, bu çalışmaların büyük bölümünde farklı CRT monitörlerin fiziksel özellikleri karşılaştırılmış<sup>6,9</sup> görüntü netleştirme işlemlerinin düşük kontrastlı detayların saptanabilirliği üzerindeki etkisi değerlendirilmemiştir. Düşük kontrasttaki lezyonların tanısı yönünden monitörlerin karşılaştırıldığı çalışmalar ise özellikle dental çürük üzerine yoğunlaşmış ve bu çalışmaların sonuçlarına göre çürük tanısında CRT ve LCD monitörler arasında bir fark bulunmamıştır.<sup>2,16,17</sup>

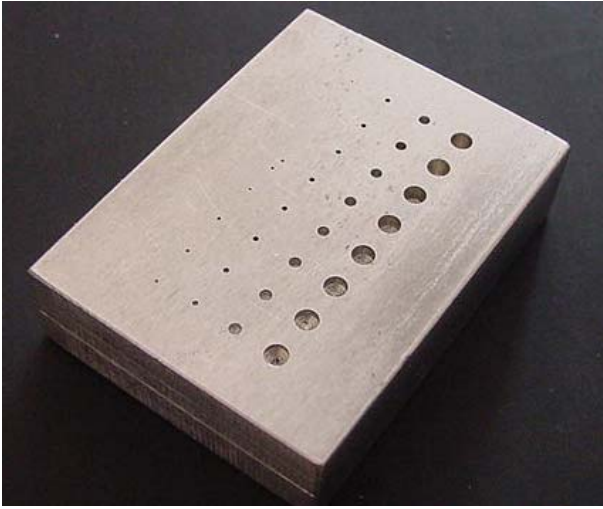
Algılama eğrisi yöntemi, herhangi bir görüntüleme sisteminin diagnostik performansını değerlendirmek amacıyla objektif ve subjektif parametreleri kombine ederek kullanan psikofiziksel bir testtir.<sup>10</sup> Bu testin amacı; standart bir fantom model kullanarak yapılan ışınlamalar sonrasında elde edilen görüntüler üzerindeki detayların seçilebilirliğini (algılanmasını) çok sayıdaki gözlemci tarafından değerlendirmektir. İlk olarak 1971 yılında De Belder isimli araştırmacı tarafından oluşturulan algılama eğrisi yöntemi, radyografik sistemlerin diagnostik performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan basit, kullanışlı ve güvenilir bir yöntemdir.<sup>10,11</sup> Literatürde farklı radyografik sistemlerin diagnostik performanslarının karşılıklı olarak değerlendirilmesinde algılama eğrisi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen çok sayıda çalışma yer almasına rağmen,<sup>10,12,13</sup> görüntü iyileştirme işlemlerinin düşük kontrastlı detayların algılanmasına etkisini incelemek amacıyla algılama eğrisi yöntemini kullanan araştırmaların sayısı kısıtlıdır.<sup>13-15</sup> Bunun yanı sıra, yapılan literatür taraması CRT ve LCD monitörlerin dişhekimliğinin farklı disiplinlerindeki tanılabilir performansını karşılaştıran çalışmaların sayısının da sınırlı olduğunu göstermektedir.<sup>2,16,17</sup>

Bu çalışmanın amacı CRT ve LCD monitörlerin performansını farklı netleştirme işlemleri uygulanmış görüntülerdeki düşük kontrastlı detayların seçilebilirliği yönünden algılama eğrisi yöntemi kullanarak karşılaştırmaktır.

## Gereç ve Yöntem

### Görüntülerin oluşturulması

Derinliği 0,05 mm'lik artış göstererek 0,05 ile 0,50 mm arasında değişen; çapı ise 0,5 ile 2 mm olan toplam 24 dairenin bulunduğu 10 mm kalınlığında alüminyum (Al) test bloğu çalışmamızda test objesi olarak kullanıldı (Resim 1). Dairelerin çapı her sırada 0,5 mm'lik artış gösterirken (0,5 mm, 1,0 mm, 1,5 mm), derinliği ise her sırada 0,25 mm aralıklarla artış göstermekteydi (0,25'ten 2,00 mm'ye kadar).



**Resim 1.** Çalışmada kullanılan alüminyum test bloğu.

Üzerinde Al test objesi bulunan 2 no'lu (30 x 40 mm) Digora® fosfor plakları (Soredex, Helsinki, Finland) 2,5 mm Al filtrasyonu ve 1,5 mm Al'a eşdeğer yarım değer tabakası olan radyografik cihazla (Trophie Radiologie, Vincennes, Fransa) 65 KvP, 10 mA'de, 0,05 sn'den başlayarak 3,20 sn'ye kadar değişiklik gösteren toplam 9 ışınlama süresinde ışınıldı. Söz konusu ışınlama süreleri düşük (0,05 sn, 0,06 sn, 0,08 sn), orta (0,12 sn, 0,16 sn, 0,20 sn) ve yüksek (2,00 sn, 2,5 sn, 3,2 sn) ışınlama aralığı olmak üzere 3 farklı kategoride sınıflandırıldı. Bu ışınlama süreleri Digora® fosfor plakları için üretici firmanın önerdiği ışınlama süresinin altında ve üstünde yer alan süreler olacak şekilde planlandı. Işın kaynağı – film mesafesi 30 cm olarak belirlendi. Yumuşak dokuyu temsil etmek üzere 15 mm kalınlığında pleksiğlas blok ışın tüpü ve test objesi arasına yerleştirildi.

Işınlama işlemi sonrası Digora® fosfor plakları bekletilmeden taranarak oluşan görüntüler 8-bit kontrast derinliğinde, TIFF formatında kaydedildi ve elde edilen bu görüntüler "orijinal" olarak kodlandı. Daha sonra orijinal görüntülere Digora® yazılımı (Digora® for Windows, Soredex, Helsinki, Finlandiya) kapsamında bulunan dört farklı görüntü netleştirme işlemi uygulandı. Bu netleştirme işlemleri ve kodlamaları sırasıyla; kontrast-parlaklık değişikliği, renk kodlama, histogram eşitleme ve negatif idi. Böylece bir

gözlemcinin değerlendireceği görüntü sayısı (9 farklı ışınlama süresinde elde edilmiş 9 orijinal görüntü + 4 farklı netleştirme işlemi uygulanmış 36 görüntü) toplam 45 olarak belirlendi.

Elde edilen tüm görüntüler, IBM uyumlu masaüstü bilgisayara ait yüksek çözünürlükte bir CRT monitör (Philips Lightframe 107 P4, Philips Electronics, Hollanda) ile bir dizüstü bilgisayara ait LCD monitörü (Toshiba Satellite A60, Toshiba Corporation, Japonya) olmak üzere 2 farklı monitörde değerlendirildi. Her iki monitörün bağlı olduğu bilgisayarların ekran kartı (ATI Radeon™ 9800 XT, ATI Technologies Inc., Ontario, Kanada) özelliklerinin eşdeğer olmasına dikkat edildi. Ayrıca değerlendirme aşamasında ekran çözünürlüğünün (1024 x 768 piksel and 8-bit derinlikte) ve ekran üzerindeki görüntülerin boyutlarının (3 cm x 4 cm) her iki ekran için de eşdeğer olması sağlandı.

#### *Radyografik inceleme*

Uzmanlık dalı endodonti (4) ve radyoloji (4) olan toplam 8 araştırmacıdan, görüntüler üzerindeki detay (daire) sayısını belirlemek üzere yarı loş bir odada farklı monitörler üzerinde değerlendirme yapmaları istendi. Her gözlemci iyileştirme işlemi uygulanmış ve uygulanmamış toplam 45 görüntüyü değerlendirdi. Araştırmacılar görüntüleri inceledikten sonra saptanan detay sayısını önceden hazırlanan form üzerine kaydederek aynı görüntüye tekrar geri dönmeleri istendi. Toplam 360 görüntünün değerlendirildiği çalışmada gözlemcilerin gözlem aşamasında ekranın tam ortasında yer alacak şekilde konumlanmaları sağlandı; görüş mesafeleri de 50 cm olarak sabitlendi. Gözlemciler farklı monitörlerdeki görüntüleri 1 hafta ara ile farklı ışın sürelerine ait görüntüleri ise rastgele seçilen bir düzende değerlendirdi. Gözlemcilerin görüntüleri ezberlemesini önlemek için ise rastgele seçilen görüntüler 180 ve 360 derece döndürülerek gözlemcilere sunuldu.

#### *İstatistiksel analiz*

Gözlemcilerin farklı görüntü netleştirme algoritmaları kullanılarak oluşturulan görüntüler

üzerinde belirledikleri daire sayılarının ortalaması kullanılarak her netleştirme algoritması için ayrı ayrı algılama eğrileri oluşturuldu. Bu işlem hem CRT hem de LCD monitör üzerinde yapılan değerlendirmeler için ayrı olarak gerçekleştirildi.

Orijinal ve görüntü netleştirme işlemleri uygulanmış görüntüler üzerinde saptanan daire sayılarının, her bir ışınlama süresinde hem LCD, hem de CRT monitörler için ayrı ayrı gerçekleştirilen karşılaştırmalarında, tekrarlayan ölçümler için varyans analizi kullanıldı ( $p=0,05$ ). Gruplar arasındaki fark Bonferroni/Dunn testi ile değerlendirildi. Çalışmaya katılan gözlemciler arası uyumun değerlendirmesi ise gruplar arası karşılaştırma katsayısı (AMICC) ile hesaplandı.

## Bulgular

Gözlemcilerin CRT ve LCD monitörlerde farklı görüntü netleştirme algoritmalarında saptadıkları ortalama detay sayıları Tablo 1'de, algılama eğrileri ise Şekil 1 ve 2'de izlenmektedir. Tablo 1 incelendiğinde hem LCD hem de CRT monitörlerde saptanan detay sayısının en yüksek olduğu netleştirme algoritmasının histogram eşitleme olduğu, bunu da sırasıyla; kontrast-parlaklık, negatif, orijinal ve renk kodlama algoritmalarının izlediği saptandı. Ancak, algoritmalar arasında istatistiksel bir fark bulunamadı ( $p>0,05$ ). Çalışmaya dâhil edilen tüm netleştirme algoritmaları için CRT ve LCD monitörler arasında da saptanabilen detay sayısı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü ( $p>0,05$ ).

Işınlama süresinin saptanabilen detay sayısı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla, Tablo 2 incelendiğinde, düşük ışınlama aralığında (0,05 sn, 0,06 sn, 0,08 sn) CRT monitörlerde, tüm iyileştirme algoritmalarındaki detay sayısının orijinal görüntüden daha fazla olduğu saptandı ( $p<0,05$ ). Saptanan detay sayısının en yüksek olarak belirlendiği iyileştirme algoritması histogram eşitleme iken, bunu sırasıyla; kontrast-

parlaklık, negatif, renk kodlama algoritmalarının ve orijinal görüntülerin izlediği saptandı. Düşük ışınlama aralığında histogram eşitleme algoritmasının sayılabilen detay sayısını arttırdığı, renk kodlama algoritmasının ise seçilebilirliğe en az etki eden netleştirme işlemi olduğu belirlendi. Ancak algoritmalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ( $p>0,05$ ).

CRT monitörler orta şiddetteki ışınlama aralığında değerlendirildiğinde, saptanabilen detay sayısının renk kodlama algoritması dışındaki tüm algoritmalarda orijinal görüntüden daha fazla olduğu saptandı ( $p>0,05$ ). Yapılan değerlendirmede en başarılı algoritmanın histogram eşitleme, en az etkili algoritmanın ise renk kodlama olduğu belirlendi.

Yüksek şiddetteki ışınlama aralığında ise CRT monitörlerde orijinal ve netleştirme işlemi uygulanmış görüntülerde saptanabilen detay sayıları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulundu ( $p>0,05$ ).

LCD monitörü için farklı görüntü netleştirme algoritmalarında saptanan ortalama detay sayısı düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 farklı ışınlama aralığında değerlendirildiğinde, CRT monitörde elde edilen bulgulara eşdeğer bulgular gözlemlendi (Tablo 2, Şekil 3).

Üç farklı ışınlama düzeyi kendi arasında karşılaştırıldığında; düşük şiddetteki ışınlama aralığından orta şiddetteki ışınlama aralığına geçmenin sadece renk kodlama algoritmasında sayılabilen detay sayısında olumsuz etki yarattığı ( $p<0,05$ ), orta şiddetteki ışınlama aralığının yüksek şiddette ışınlama aralığına artırılmasının ise tüm netleştirme algoritmalarında sayılabilen detay sayısında anlamlı bir fark yaratmadığı saptandı ( $p>0,05$ ).

Gözlemciler arası uyum değerlendirmesi amacıyla gerçekleştirilen gruplar arası karşılaştırma analizi sonuçları Tablo 3'de yer almaktadır. Gözlemciler arası uyumun oldukça yüksek olduğu gözlenen tabloda katsayı değerlerinin 060 ila 0,99 aralığında olduğu saptandı.

**Tablo 1.** Farklı görüntü netleştirme algoritmalarında saptanan ortalama daire sayıları

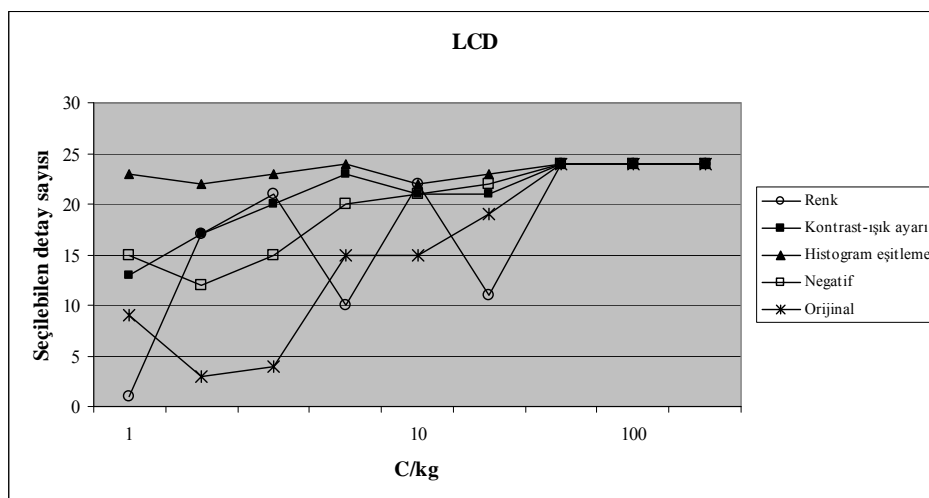
Netleştirme algoritmaları	LCD	CRT
Renk kodlama	13,8	13,8
Histogram eşitleme	22,5	22,6
Negatif	17,8	17,8
Orijinal	15,38	14,0
Kontrast/Parlaklık	19,2	19,3

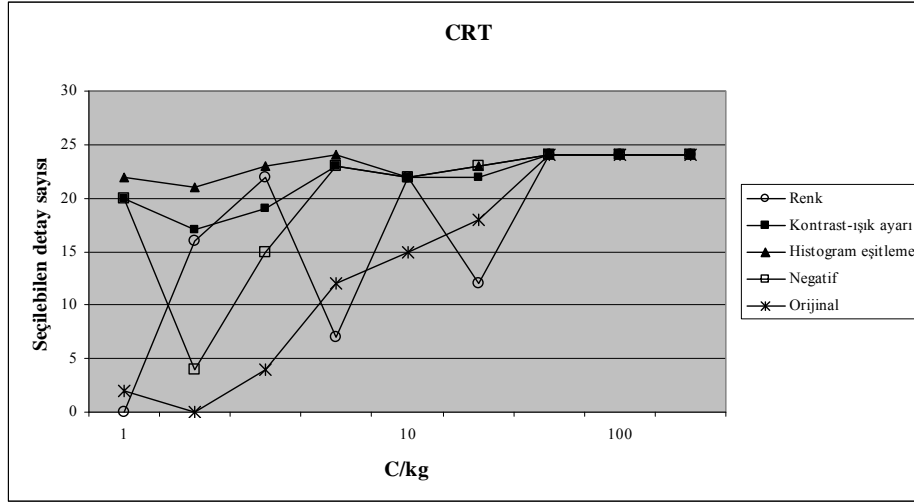
**Tablo 2.** Farklı ışınlama aralığındaki görüntülerde farklı netleştirme algoritmaları ile CRT monitörlerde saptanan ortalama detay sayısı  $\pm$  standart sapması

Işınlama aralığı	Renk kodlama		Kontrast-parlaklık		Histogram eşitleme		Negatif		Orijinal	
	LCD	CRT	LCD	CRT	LCD	CRT	LCD	CRT	LCD	CRT
Düşük	13,3 $\pm$ 10,5	13,3 $\pm$ 10,5	16,6 $\pm$ 3,5	16,6 $\pm$ 3,5	22 $\pm$ 0,57	22,3 $\pm$ 1,4	14,6 $\pm$ 1,52	14 $\pm$ 1,52	5,8 $\pm$ 1,3	2,7 $\pm$ 1,3
Orta	14,6 $\pm$ 6,35	14,6 $\pm$ 6,35	21,6 $\pm$ 0,5	22 $\pm$ 1,5	23 $\pm$ 0,57	23 $\pm$ 0	21 $\pm$ 0,89	21 $\pm$ 0,89	16,4 $\pm$ 0,8	15,1 $\pm$ 0,8
Yüksek	24 $\pm$ 0	24 $\pm$ 0	24 $\pm$ 0	24 $\pm$ 0	24 $\pm$ 0	24 $\pm$ 0	24 $\pm$ 0	24 $\pm$ 0	24 $\pm$ 0	24 $\pm$ 0

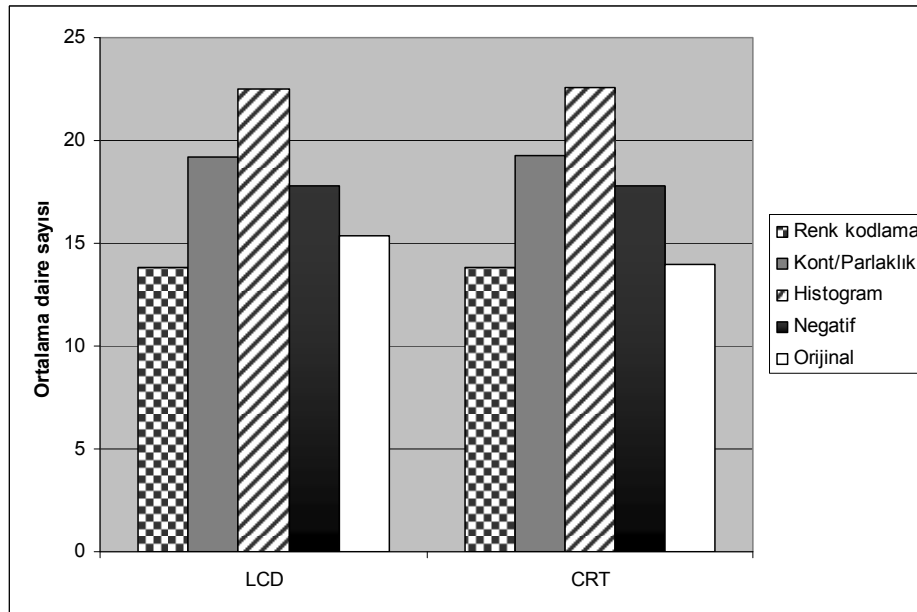
**Tablo 3.** Gözlemciler arası uyum değerlendirmesi amacıyla gerçekleştirilen AMICC analizi sonuçları

Netleştirme algoritmaları	CRT	LCD
	Korelasyon katsayısı (Alt - üst limit)	Korelasyon katsayısı (Alt - üst limit)
Renk kodlama	0,97 (0,93 - 0,99)	0,94 (0,86-0,97)
Histogram eşitleme	0,69 (0,27- 0,86)	0,51(-0,13-0,79)
Negatif	0,88 (0,72- 0,95)	0,52 (-0,10-0,79)
Orijinal	0,92 (0,82- 0,97)	0,63 (0,15-0,84)
Kontrast /parlaklık	0,78 (0,50- 0,91)	0,07 (-1,15-0,60)

**Şekil 1.** Farklı görüntü netleştirme işlemleri için LCD monitöründeki değerlendirmeler sonucu çizilen modifiye algılama eğrileri.



**Şekil 2.** Farklı görüntü netleştirme işlemleri için CRT monitöründeki değerlendirmeler sonucu çizilen modifiye algılama eğrileri.



**Şekil 3.** LCD ve CRT monitörler için farklı görüntü iyileştirme algoritma-larında saptanan ortalama daire sayıları

## Tartışma

Dijital görüntüleme sistemlerinin başarısı büyük ölçüde görüntüleri sergilemede kullanılan elektronik aygıtlara (monitörlere) bağlıdır. Radyografik görüntüleri sergilemek için CRT ve LCD monitörler gibi elektronik aletler kullanılmak-

tadır. Bilgisayar ekranında sergilenen dijital görüntünün kalitesini ise fiziksel ve psiko-fiziksel parametreler belirlemektedir.<sup>1,19,20</sup> Fiziksel kaliteyi monitörün çözünürlüğü (rezolüsyonu), bilgi iletme birimi derinliği (bit), nokta uzaklığı (dot pitch), parlaklığı ve ekranın boyutu etkilemektedir.<sup>17</sup> Çalışmaya dâhil edilen moni-

törler, dijital görüntüleme için önerilen monitörler arasından benzer fiziksel özelliklere sahip olmaları ve piyasada kolaylıkla bulunabilmeleri nedeniyle seçilmiştir.

Çalışmamızda CRT ve LCD monitörler arasında, düşük kontrasttaki detayların tanısıl performansı yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde LCD monitörlerin rezolüsyon özellikleri CRT'lerden daha iyi olarak nitelendirilmektedir.<sup>2,21</sup> Buna karşın çalışmamızda düşük kontrasttaki detayların saptanmasında iki monitör arasında bir farklılık bulunamadı. LCD monitörlerde iletimi sağlayan her pikselin kendine ait bir transistörü bulunmaktadır. Ancak bu transistörlerde oluşan hatalı (arızalı) pikseller- diğer bir deyişle beyaz arka planda 'eksik' veya 'ölü' alanların oluşumuna; siyah arka planda ise 'aydınlık' alan oluşumuna neden olmakta ve bu hatalı pikseller görüntü kalitesinin genel anlamda bozulmasına dolayısıyla ince detayların algılanmasında olumsuzluklara neden olmaktadır.<sup>6</sup> Çalışmamızda da hatalı piksellerin LCD monitörlerin görüntü kalitesini buna benzer bir nedenle etkilemiş olabileceği ve üstün özelliklerine rağmen düşük kontratlı detayların seçilmesinde CRT monitörlere eşdeğer bir performans sergilediği düşünülmektedir.

Fiziksel parametrelerin yanı sıra gözlemci ve değerlendirme koşulları gibi psiko-fiziksel parametreler de görüntü kalitesini etkileyebilmektedir. İnsan görsel sisteminde kontrast hassasiyeti arka planın parlaklığına bağlıdır. Arka planın parlaklığının fazla olması insan gözünün parlaklık farklarını algılamasını olumsuz etkiler. Bu nedenle ekrana yansıyan çevre aydınlatması (oda ışığı, gün ışığı vb.), monitörün parlaklık kontrastını düşürerek gözlemcinin küçük densite farklarını algılamasını olumsuz yönde etkilemektedir.<sup>9,17,20</sup> LCD monitörler ile karşılaştırıldığında CRT monitörlerde daha fazla gözlenen bu olumsuzluğu önlemek amacıyla çalışmamızda gözlemler standart koşullarda yarı loş bir odada gerçekleştirilmiştir. İki monitör arasında bir farklılık bulunmamasının bir nedeninin de bu olduğu düşünülmektedir.

Monitörlerin başarısında yeterli aydınlatmanın yanı sıra, görüntünün değerlendirildiği açı da önemlidir. Bu merkez açı görüntü kalitesinin bozulmadan değerlendirilebildiği nokta olarak tarif edilmekte<sup>2,7</sup> ve kişinin ekrana baktığı açı değiştikçe (büyüdükçe) görüntü kalitesinin de aynı oranda azaldığı bildirilmektedir. LCD teknolojisindeki yeniliklere rağmen, LCD monitörlerde görüntüleme açısına bağlı olarak ortaya çıkan olumsuzluklar CRT monitörlere göre daha az tolere edilebilmekte ve bu nedenle gözlemcilerin değerlendirmelerini farklı açılardan yapması sorun yaratabilmektedir.<sup>18</sup> Özellikle aynı monitöre bakarak görüntülerin değerlendirildiği çalışmalarda gözlemcilerin aynı açıdan gözlem yapmalarını sağlamak güçtür.<sup>19</sup> Çalışmamızda bu sorun gözlemcilerin ekranın tam ortasında olacak şekilde konumlandırılması ve gözlemcilerin pozisyonunun sabitlenmesi ile çözülmüştür. Monitörlerin performansları arasında farklılık bulunmamasının önemli nedenlerinden birisinin de değerlendirme (bakış) açısının sabit tutulması olduğu düşünülmektedir.

LCD teknolojisindeki gelişmelerin ve görüntü netleştirme algoritmalarının kullanıma girmesinin LCD monitörlerin dezavantajlarını azalttığı bildirilmektedir.<sup>2,6,16,17</sup> Ayrıca zaman içerisinde LCD monitörlerin fiyatlarındaki düşüşlerin de bu monitörlerin diş hekimi muayenehanelerinde kullanımını artıracakı düşünülmektedir. CRT monitörlerden daha hafif olan ve yüksek kaliteli görüntü sağlayan LCD monitörlerin elektronik radyolojiye geçişte önemli bir unsur olacağı belirtilmektedir.

Çalışmada değerlendirilen tüm görüntü iyileştirme algoritmaları için, LCD monitörlerin başarısının CRT monitörlerle eşit olduğu ve histogram eşitleme algoritmasının düşük kontrastlı detayların algılanmasında diğer algoritmalarından daha başarılı olduğu bulundu. Benzer çalışmaların bulguları ile çalışmamızın sonuçlarının paralellliği göz önünde bulundurulduğunda eşit özellikteki farklı monitör türlerinin tanısıl başarıyı değiştirmedini söylemek mümkündür.<sup>2,16,17</sup>

Histogram eşitleme algoritması orijinal görüntünün histogramını eşitlemek; diğer bir deyişle

grilik değerlerinin eşit dağılımını sağlamak suretiyle görüntünün gözlemciye daha net görünmesini sağlamaktadır.<sup>22-24</sup> Farman ve ark.'ları histogram eşitleme algoritmasının uygulandığı görüntüler ile orijinal görüntüleri karşılaştırarak kemikiçi lezyonların boyutlarını değerlendirdikleri çalışmada işlenmiş görüntülerin daha iyi sonuçlar verdiğini saptamıştır.<sup>22</sup> Çalışmamızın bulguları da söz konusu çalışmanın sonuçlarını destekler niteliktedir.

## Sonuç

Bu çalışma düşük kontrastlı detayların algılanması yönünden CRT ve LCD monitörlerin subjektif görüntü kalitesini algılama eğrisi yöntemi kullanarak değerlendiren ilk çalışmadır. Bulgularımız her iki monitörün performansının eşdeğer olduğunu ortaya koymaktadır. LCD monitörlerin teknik avantajları göz önüne alındığında yakın gelecekte daha yaygın kullanıma ulaşacağı söylenebilir. Ancak, monitör seçimi konusunda, kesin bir yargıya varmak için her iki monitörün başarı performanslarının farklı radyografik görüntü sergileyen dental patolojiler için tek tek değerlendirildiği klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

## Kaynaklar

1. Dwyer SJ, Stewart BK, Sayre JW, Aberle DR, Boecheat MI, Honeyman JC, Boehme JM, Roehrig H, Ji TL, Blaine GJ. Performance characteristics and image fidelity of gray-scale monitors. *Radiographics* 1992; 12: 765-772.
2. Ludlow JB, Abreu M Jr. Performance of film, desktop monitor and laptop displays in caries detection. *Dentomaxillofac Radiol* 1999; 28: 26-30.
3. Davidson HC, Johnston DJ, Christian ME, Harnsberger HR. Comparison of radiographic image quality from four digitization devices viewed on computer monitors. *J Digital Imaging* 2001; 14: 24-29.
4. Moystad A, Swanaes DB, Larheim TA, Gröndahl H-G. The effect of cathode ray tube display format on observer performance in dental digitized radiography: a comparison with plain films. *Dentomaxillofac Radiol* 1994; 23: 206-210.
5. Wang J, Anderson J, Lane T, Stetson C, Moore J. Contrast-detail characteristics evaluations of several display devices. *J Digital Imaging* 2000; 13: 162-167.
6. Flynn MJ, Kanicki J, Badano A, Eyer WR. High-fidelity electronic display of digital radiographs. *Radiographics* 1999; 19: 1653-1669.
7. Sarma KR, Akinwande T. Flat Panel Displays for Portable Systems. *VLSI Signal Processing Systems* 1996; 13: 165-190.
8. Compton K. Factors affecting cathode ray tube display performance. *J Digital Imaging* 2001; 14: 92-106.
9. Roehrig H, Krupinski EA, Furukawa T evaluation of a flat CRT monitor for use in radiology. *J Digital Imaging* 2001; 14: 142-148.
10. Yoshiura K, Welander U, Shi X-Q, Li G, Kawazu T, Tatsumi M, et al. Conventional and predicted perceptibility curves for contrast enhanced direct digital intraoral radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 2001; 30: 219-225.
11. Miles DA, McDavid WD, Welander U, Hockett S. Comparison of conventional dental radiographs and xeroradiographs using perceptibility curves. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1986; 62: 92-95.
12. Moystad A, Svanaes DB, Larheim TA, Gröndahl HG. Effect of image magnification of digitized bitewing radiographs on approximal caries detection: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol* 1995; 24: 255-259.
13. Shi X-Q, Li G, Yoshiura K, Welander U. Perceptibility curve test for conventional and colour-coded radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 33: 318-322.
14. Alpöz E, Soğur E, Baksı G. Perceptibility curve test for digital radiographs before and after application of various image processing algorithms. *Dentomaxillofac Radiol* 2007; 36: 1-7.
15. Li G, Yoshiura U, Sallström, McDavid WD. Visual linearization of the display of digital radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31: 131-136.
16. Abreu M, Tyndall DA, Ludlow JB. Detection of caries with conventional digital imaging and tuned-aperture computed tomography using CRT monitor and laptop displays. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 88: 234-8.
17. Cederberg RA, Frederiksen NL, Benson BW, Shulman JD. Influence of the digital image display monitor on observer performance. *Dentomaxillofac Radiol* 1999; 28: 203-7.



18. Mosley A. Liquid crystal displays- an overview. *Displays* 1992; 14: 67-73.
19. Badano A, Schneider S, Samei E. Visual assessment of angular response in medical liquid crystal displays. *J Digital Imaging* 2006; 19: 240-248.
20. Haak R, Wicht MJ, Hellmich M, Nowak G, Noack MJ. Influence of room lightning on grey-scale perception with a CRT and a TFT monitor display. *Dentomaxillofacial Radiol* 2002; 31: 193-197.
21. Krantz JH. Visibility of transmissive liquid crystal displays under dynamic conditions. *Human Factors* 1992; 34: 615-632.
22. Farman AG, Avant SL, Scarfe WC, Farman TT, Green DB. *In vivo* comparison of Visualix-2 and Ektaspeed Plus in the assessment of periradicular lesion dimensions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85: 203-209.
23. Analoui M. Radiographic image enhancement. Part I: spatial domain techniques. *Dentomaxillofac Radiol* 2001; 30: 1-9.
24. Mol A. Image processing tools for dental applications. *Dent Clin North Am* 2000; 44: 299-318.

---

**Yazışma Adresi:**

Dr. Esin ALPÖZ  
Ege Üniversitesi,  
Dişhekimiği Fakültesi,  
35100 Bornova, İZMİR  
Tel : (232) 388 10 81  
Faks : (232) 388 03 25  
E-posta : esinalpz@yahoo.com