

Şok Dalgalarıyla Litotripsi Tedavisine Dirençli Üriner Sistem Taşlarının Tespitinde Konvansiyonel X-Ray Radyodansitesinin Etkinliği

The Efficacy of Conventional X-Ray Imaging Radiodensity to Determinate Shock Wave Lithotripsy-Resistant Urinary Tract Stones

Dr. Ömer KUTLU^a

^aÜroloji AD,
Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Antalya

Geliş Tarihi/Received: 18.09.2008
Kabul Tarihi/Accepted: 12.11.2008

Yazışma Adresi/Correspondence:
Dr. Ömer KUTLU
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Tıp Fakültesi, Üroloji AD, Trabzon,
TÜRKİYE/TURKEY
omerkutlu@ktu.edu.tr

ÖZET Amaç: Beden dışı şok dalgalarıyla litotripsi (ESWL), üst üriner sistem taşlarında başarılı bir tedavi yaklaşımı olmasına rağmen, şok dalgasına dirençli taşların varlığı, tedavi maliyetlerinin artmasına, tedavi süresinin uzamasına ve böbrek parankiminin şok dalgasına gereksiz maruz kalmasına neden olabilmektedir. Bu çalışmada ESWL'ye dirençli böbrek taşlarının tedavi öncesi tespitinde, konvansiyonel direkt grafi radyodansitesinin etkinliği araştırılmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Eylül 2002-mart 2004 tarihleri arasında üriner sistem taşı nedeniyle ESWL tedavisi uygulanan 162 hasta retrospektif olarak bu çalışmaya alındı. Hastaların direkt üriner sistem grafi görüntüleri tarama cihazı ile 200 dpi çözünürlükte taranarak, grafik program yardımıyla görüntülerdeki taşların gri skala düzeyleri saptandı. Hastalar böbrek (90) ve üreter (72) taşları olarak iki gruba ayrıldı ve taşların şok dalgaları ile kırılabilirliği, gri skala seviyelerine göre karşılaştırıldı. **Bulgular:** Böbrek taşları kırılma pozitif ve negatif gruplar olarak değerlendirildiğinde, ESWL tedavisi ile kırılma 90 böbrek taşının 76'sında (%84.5) gözlenmiştir. Kırılma gözlenen böbrek taşlarının direkt grafi üzerindeki gri skala düzeyi 125 ± 49 saptanırken, kırılma gözlenmeyen grupta 132 ± 50 olarak saptandı ($p=0.6731$). Üreter taşları değerlendirildiğinde, ESWL tedavisi ile hastaların 51'inde (%70) kırılma izlendi. Kırılma izlenen grupta üreter taşlarının ortalama gri skala seviyesi 119 ± 53 saptanırken, kırılma olmayan grupta gri skala düzeyi 108 ± 37 bulundu ve aralarında anlamlı fark gözlenmedi ($p=0.6198$). **Sonuç:** Bu bulgular, taş gri skala seviyelerinin ESWL tedavisi öncesinde taşların kırılma olasılığını belirlemede etkili olamadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Litotripsi; urolitiazis

ABSTRACT Objective: Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) is a successful treatment approach for upper urinary tract calculi. However, presence of calculi resistant to shock wave may result in an increase in treatment costs, prolonged treatment period and undue exposure of renal parenchyma to shock waves. In this study, we investigated the efficacy of conventional X-ray imaging radiodensity in detecting ESWL resistant renal calculi before treatment. **Material and Methods:** One hundred sixty two patients who underwent ESWL for treatment of urinary tract calculi between September 2002 and March 2004 were retrospectively included in this study. Direct urinary tract radiographs of patients were scanned with resolution of 200 dpi and gray scale levels of the stones were determined using a graphic program. Patients were divided in two groups as having renal (90) and urethral calculi (72) and fragility of the calculus by shock waves were compared according to their gray scale levels. **Results:** When renal calculi were evaluated as fragmentation positive and negative groups, fragmentation by ESWL was observed in 76 of 90 renal stones (84.5%). While the gray scale level of calculi in the direct radiographs of fragmentation positive renal calculi group was determined as 125 ± 49 , this level was determined as 132 ± 50 in fragmentation negative group ($p=0.6731$). With respect to ureteral calculi, fragmentation was observed in 51 patients (70%). The average gray scale levels of ureteral calculi in fragmentation positive and negative groups were measured as 119 ± 53 and 108 ± 37 respectively. No significant difference was found between these levels ($p=0.6198$). **Conclusion:** These results demonstrate that gray scale level of urinary calculi failed to be effective to determine the possibility of fragmentation of urinary calculi before ESWL treatment.

Key Words: Lithotripsy; urolithiasis

Türkiye Klinikleri J Med Sci 2010;30(1):280-5

Beden dışı şok dalgalarıyla litotripsinin (ESWL) etkinliği, taşın boyutu, lokalizasyonu ve kompozisyonuna göre değişmekte olup başarı oranları %60-99 arasında bildirilmektedir.¹⁻³ ESWL, özellikle çapı 20 mm'nin altındaki üst üriner sistem taşlarında başarılı bir tedavi yaklaşımı olmasına rağmen, bazı taşların kırılması için uygulanacak şok dalga sayısının fazla olabilmesi veya tedaviye yanıt alınamaması, böbrek parankiminin şok dalgalarına gereksiz maruz kalmasına, maliyet artışına ve alternatif tedavilere ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır.⁴⁻⁶ Bu nedenlerle çapı 20 mm'nin altındaki taşlarda da en iyi tedavi yöntemini önceden belirleyebilecek ölçütlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla ilgili olarak daha önceki raporlarda kontrastsız bilgisayarlı tomografi (kontrastsız BT) ile taşın yoğunluk değerlerinden yararlanılarak taş kompozisyonunun belirlenmesi ve kırılabilirliğinin öngörülmesinin mümkün olabileceği belirtilmekle birlikte, bu yöntemlerin sonuç vermediğini bildiren raporlar da mevcuttur.⁶⁻¹³ Konvansiyonel direkt grafi radyodansitelerinin, kırılabilirliği belirlemede etkisini değerlendiren az sayıda çalışma ise subjektif gözlemlere dayandığından bağlayıcı neticeler verememektedir.¹⁴⁻¹⁶

Bu çalışma ile üriner sistem taşlarının konvansiyonel direkt grafi radyodansitesinden elde edilen gri skala değerlerinin ESWL tedavisinden önce taşın kırılabilirliğini öngörebilme etkinliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Eylül 2002-Mart 2004 tarihleri arasında üst üriner sistem taşı saptanıp ESWL tedavisi uygulanan ve kırılma şok sayısı bilinen toplam 162 hasta retrospektif olarak çalışmaya alındı. Hastalar ESWL tedavisi öncesinde öykü ve fizik muayene, tam idrar tetkiki, gereğinde idrar kültürü, böbrek fonksiyon testleri, tam kan sayımı, protrombin ve parsiyel tromboplastin zamanı ve PTT tayini, direkt üriner sistem grafisi, üriner sistem ultrasonografisi ve/veya intravenöz ürografi ile değerlendirildi. Ayrıca hastaların beden kitle indeksleri (kg/m^2) kaydedildi. Üriner sistemde taş klirensini etkileyecek anatomik anomalisi, böbrek yetmezliği ve uzun süreli üriner obstrüksiyonu olan hastalar çalışma dışında tutuldu.

Tüm hastalara elektromanyetik jeneratörle şok dalgası üreten Siemens Lithostar Multiline® cihazı ile 16.1 kV sabit enerji gücünde ESWL tedavisi uygulandı. ESWL tedavi seansları üç haftada bir olacak şekilde uygulandı. ESWL sırasında kırılmaya yol açan şok dalga sayısı direkt skopi ile takip edilerek ve/veya seans sonrası üçüncü haftada çekilen direkt grafi ile kontrol edilerek kaydedildi. Taş boyut ve/veya sınırlarında değişiklik veya herhangi bir boyutta parçalanma kırılma müspet olarak değerlendirildi.⁵

Hastaların tedavi öncesi direkt grafileri Cobrascan CX-312T x-ray Digitizer (California-U.S.A)® tarama cihazı ile 200 dpi (dots per inch) çözünürlükte, birebir büyüklükte, otomatik kontrol ile tarama yapılarak JPEG formatındaki fotoğrafları dijital ortama alındı. Ayrıca tarama çözünürlüğünün etkisini karşılaştırmak için aynı grafinin 400 ve 600 dpi çözünürlükte taraması yapıldı. Fotoğraflar Adobe Photoshop 7.0® programı kullanılarak otomatik alan çevreleyicisi kullanarak veya manuel olarak taşların sınırları tespit edilip, gri skala modunda "image" bölümünden "histogram" özelliği kullanıldı ve gri skala düzeyleri saptanarak radyodansite özellikleri kantitatif değerlere dönüştürüldü.¹⁷ Direkt grafi çekimlerinde farklı merkezlerde her zaman standart doz uygulanamayabileceği ve hastanın vücut kitle indeksine bağlı olarak X-ray'in absorpsiyonunun farklı olabileceği göz önüne alınarak taşın radyodansitesi, dolayısıyla gri skala seviyesi değişkenlik gösterebileceği düşünüldü. Bu nedenle verileri standardize edebilmek için bilinen kemik mineralizasyon bozukluğu olmayan bu hastalarda 12. kot, 1. sakral vertebra korpusu ve iliyak karnat üzerinden aynı büyüklükteki alanlardan kemik yapısı gri skala düzeyleri alınarak taşların bu yapılarla yüzde oranları alındı. Ayrıca aynı işlemler farklı çözünürlükte ve uzaklıkta alınan görüntülerin farklı sonuçlar ortaya koyabileceği düşünülerek 5,7 mega piksel Nikon COOLPIX E5700® dijital fotoğraf makinesi ile negatioskop kullanarak, flash ve zoom kullanılmadan 35 ve 70 cm uzaklıktan çekilen fotoğraflar üzerinde de uygulanıp veriler kaydedildi (Resim 1).

Elde edilen nümerik değerler ortalama \pm standart sapma olarak sunuldu ve Mann-Whitney testi kullanılarak, bilgisayar programı yardımıyla



RESİM 1: Adobe Photoshop 7.0 programı ile direkt grafi üzerinde taş ve kemik yapıların gri skala değerinin ölçülmesi gösterilmektedir.

istatistiksel analizleri yapıldı, $p < 0.05$ değeri istatistiksel açıdan anlamlı olarak belirtildi.

BULGULAR

Toplam 162 hastanın 112'si erkek, 50'si kadın olup hastaların yaşı ortalama 45 ± 12 (20-78 yıl) yıldır. Hastalar böbrek ve üreter taşı olmak üzere iki grupta

değerlendirilmiş olup 90'ında böbrek, 72'sinde üreter lokalizasyonunda taş bulunmaktadır. Böbrek ve üreter taşları kendi içlerinde ESWL tedavisine göre kırılma olan ve olmayan olarak iki gruba ayrılmıştır.

A. BÖBREK TAŞLARI

Böbrek taşlarının 76'sında (%84.5) kırılma izlenirken, 14'ünde (%15.5) kırılma izlenmedi. Kırılma izlenen grubun ortalama yaşı 46 ± 12 , izlenmeyen grubun 50 ± 11 yıl olup aralarında istatistiksel açıdan fark yoktu. Benzer şekilde ortalama taş hacmi ve beden kitle indeksi her iki grup değerleri $1.11 \pm 0.8 \text{ cm}^2$, $26 \pm 4 \text{ kg/m}^2$ ve $0.94 \pm 0.5 \text{ cm}^2$, $25 \pm 3 \text{ kg/m}^2$ olup, istatistiksel fark izlenmedi ($p = 0.7874$, $p = 0.5041$). Kırılma izlenen grupta, kırılma için gerekli şok sayısı 1898 ± 1203 idi. Kırılma izlenen gruba toplam 3254 ± 2428 , izlenmeyen gruba 5154 ± 1586 şok uygulandı ve iki gruba uygulanan toplam şok sayısı arasında anlamlı fark izlendi ($p = 0.0005$). Kırılma olan gruba ortalama 1.6 ± 0.9 , olmayan gruba 2.6 ± 1.1 seans ESWL uygulanırken aralarındaki fark anlamlıydı ($p = 0.0008$) (Tablo 1).

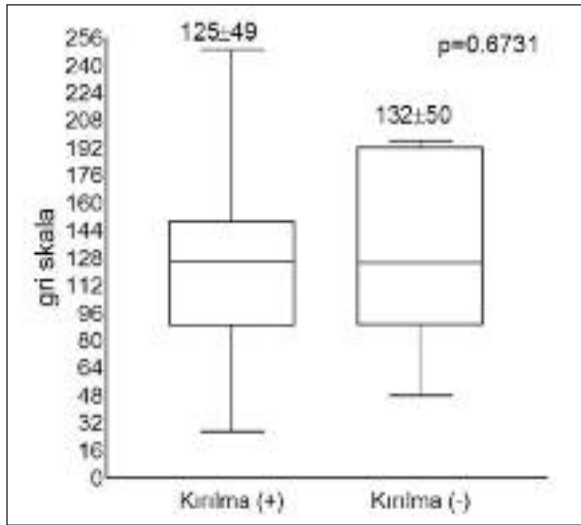
Böbrek taşlarının konvansiyonel direkt grafilerindeki gri skala düzeyleri karşılaştırıldığında kırılma olan grupta 125 ± 49 iken olmayan grupta 132 ± 50 olarak saptandı, istatistiksel değerlendirmede anlamlı fark yoktu ($p = 0.6731$) (Şekil 1).

Taş gri skalasının iliak kemik gri skalasına yüzde oranları değerlendirildiğinde kırılan grupta ortalama oran $\%79 \pm 29$, kırılmayan grupta $\%78 \pm 13$ saptanan değerler arasında istatistiksel fark izlenmedi ($p = 0.5904$) (Şekil 2/A).

Taş gri skalasının, 12. kot gri skalasına yüzde oranları değerlendirildiğinde kırılma izlenen grup-

TABLO 1: Böbrek taşı hastaların özellikleri.

	Kırılma (+)	Kırılma (-)	p
n	76 (%84.5)	14 (%15.5)	
Yaş (yıl)	46 ± 12 (20-78)	50 ± 11 (28-71)	0.2688
Taş volümü (cm ²)	1.1 ± 0.8 (0.2-3.2)	0.9 ± 0.5 (0.25-2.28)	0.7874
Vücut Kitle İndeksi (kg/m ²)	26 ± 4 (15-42)	25 ± 3 (19-34)	0.5041
Şok Dalga gücü (kV)	16.1	16.1	1.0000
Seans sayısı	1.6 ± 0.9 (1-5)	2.6 ± 1.1 (2-6)	0.0008
Kırılma izlenen şok sayısı	1898 ± 1203 (150-6500)	-	-
Toplam şok sayısı	3254 ± 2428 (400-11600)	5154 ± 1586 (3000-8500)	0.0005



ŞEKİL 1: Böbrek taşları konvansiyonel direkt grafi radyodansitesi gri skala değerleri.

ta 64 ± 19 , kırılmayan grupta 71 ± 16 saptanan oranlarda fark yoktu ($p= 0.2883$) (Şekil 2/B).

Taş gri skalasının, birinci sakral vertebra korpusu gri skalasına yüzde oranları değerlendirildiğinde, kırılan grupta 80 ± 30 , kırılmayan grupta 81 ± 22 oranları istatistiksel olarak anlamsız belirlendi ($p= 0.6838$) (Şekil 2/C).

B. ÜRETER TAŞLARI

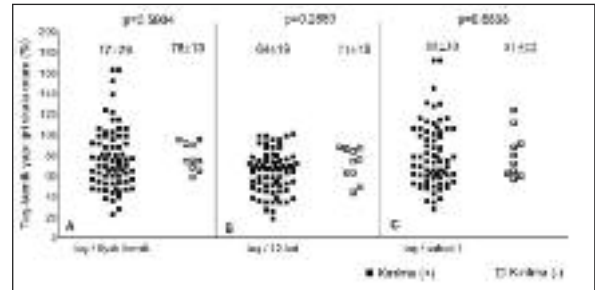
Üreter taşı saptanan hastalarda taş yoğunluğu ve kırılabilirlik özellikleri değerlendirildiğinde, 51 (%70) hastada kırılma izlenirken, 21 (%30) hastada izlenmedi. Kırılma izlenen ve izlenmeyen hastaların ortalama yaşı 43 ± 11 ve 44 ± 11 yıl, ortalama taş hacimleri sırasıyla 0.6 ± 0.5 ve 0.6 ± 0.3 cm², beden kitle indeksleri sırasıyla 25 ± 3 ve 25 ± 4 kg/m² idi ve bu parametreler arasında istatistiksel

fark saptanmadı ($p= 0.8380$, $p= 0.1542$, $p= 0.6157$). (Tablo 2)

Üreter taşlarının ortalama gri skala değerleri incelendiğinde, kırılma izlenen grupta 119 ± 53 , kırılma izlenmeyen grupta 108 ± 37 saptandı ve kırılabilirliği öngörmeye etkinliği tespit edilmedi ($p= 0.61$) (Şekil 3).

Üreter taşlarında taş/iliyak kemik, taş/12. kot ve taş/birinci sakral vertebra yüzde gri skala oranları iki grup arasında karşılaştırıldığında bu parametrelerin de kırılabilirliği öngörmeye etkisi saptanmadı ($p= 0.2207$, $p= 0.2676$, $p= 0.6698$) (Şekil 4 A/B/C).

Aynı direkt grafideki taşın farklı çözünürlükte taramalarından ve farklı uzaklıktan çekilen fotoğraflarının gri skala ölçümlerinden elde edilen veriler değerlendirildiğinde aynı taştan farklı gri skala değerleri elde edilebileceği görüldü. Ancak taş gri skala değerlerinin iliyak kemik, 12. kot ve birinci sakral vertebra oranlarının değişmediği görüldü.



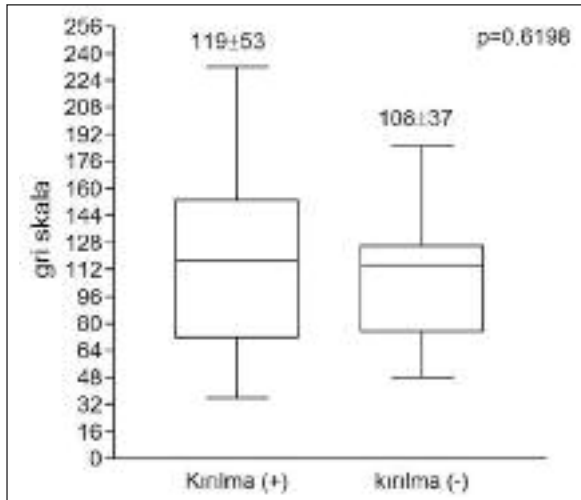
ŞEKİL 2: A- Böbrek taşları/iliyak kemik gri skala yüzde oranları.

B- Böbrek taşları/12. kot gri skala yüzde oranları.

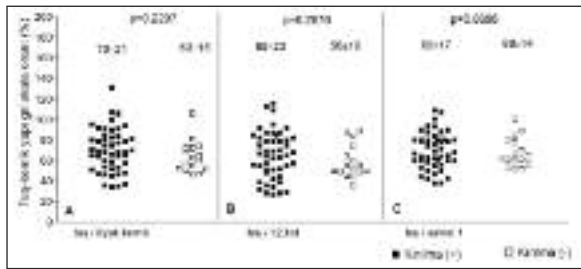
C- Böbrek taşları/birinci sakral vertebra gri skala yüzde oranları.

TABLO 2: Üreter taşı hastaların özellikleri.

	Kırılma (+)	Kırılma (-)	p
n	51 (%69)	21 (%29)	
Yaş (yıl)	43 ± 11 (23-70)	44 ± 11 (23-68)	0.8380
Taş hacmi (cm ²)	0.6 ± 0.5 (0.06-3.0)	0.6 ± 0.3 (0.24-1.68)	0.1542
Beden Kitle İndeksi (kg/m ²)	25 ± 3 (14-32)	25 ± 4 (20-32)	0.6157
Şok dalga gücü (kV)	16.1	16.1	1.0000
Seans sayısı	1.3 ± 0.6 (1-3)	2.0 ± 0.7 (1-5)	0.0001
Kırılma izlenen şok sayısı	1913 ± 896 (600-4000)	-	-
Toplam şok sayısı	2908 ± 206 (600-10500)	5307 ± 2252 (2500-14000)	0.0001



ŞEKİL 3: Üreter taşları konvansiyonel direkt grafi radyodansitesi gri skala değerleri.



ŞEKİL 4: A- Üreter taşları/iliyak kemik gri skala yüzde oranları.
B- Üreter taşları/12. kot gri skala yüzde oranları.
C- Üreter taşları/birinci sakral vertebra gri skala yüzde oranları.

TARTIŞMA

Son yıllarda taş hastalığı tedavi seçiminde dikkate alınan taş boyutu ve üriner sistem anatomisine ilaveten, önceden taş kompozisyonunun tahmin edilmesi ve ESWL'ye dirençli taşların saptanması amaçlanmaktadır. Bu konuda ilk olarak konvansiyonel direkt grafide taşın radyodansitesi vertebradan az ise kırılabilirliği, ancak direkt grafilere radyodansitesi fazla taşların aynı boyuttaki taşlara göre 1.7 kat daha fazla şok sayısı gerektirdiğini ancak değerlendirmenin subjektif olduğu belirtilmiştir.¹⁴⁻¹⁶ Kontrastsız BT'nin üriner sistem taşlarında kullanımının popüler olmasıyla beraber taş kompozisyonunun önceden tespitinde tomografiden yararlanılan çalışmalar yapılmaya başlanmış ve farklı taş kompozisyonlarının BT yoğunluk değerleri rapor edilerek, kontrastsız BT taş yoğunluk değerle-

rinin, subjektif olan konvansiyonel direkt grafi taş dansitesinden daha iyi ayırım sağladığı belirtilmiştir.⁶⁻¹⁰ Bazı otörlere göre ise konu ile ilgili raporların tartışmalı olduğu ve bazı taş kompozisyonlarının yoğunluk değerlerinde çakışma izlenmesi nedeniyle sadece kalsiyum taşlarının ürik asit taşlarından ayrılabilirliği ifade edilmektedir.¹¹⁻¹³

Dijital fotoğrafçılıktaki gelişmelerle beraber 2003 yılında, Oehlschlager ve ark. konvansiyonel grafi üzerinden taş kompozisyonunu belirlemeye çalıştığı yöntem ile subjektif olan dansite farklılıkları kantitatif değerlere dönüştürülmüştür.¹⁷ Direkt grafilere dijital fotoğrafları alınarak grafik program yardımı ile taş gri skala düzeylerini tespit ettikleri ve taş kompozisyonu ile gri skala değerleri arasındaki korelasyonu araştırdıkları çalışmalarında bağlayıcı neticeler olmasa da kalsiyum fosfat ve struvit taşlarının gri skala değerlerinin benzer olduğunu (73.4 ± 9.1) ve kalsiyum oksalat taşlarından fazla olduğunu (39.3 ± 9.3) rapor etmişlerdir.¹⁷

Yaptığımız çalışmada, Oehlschlager ve ark. tarafından rapor edilen direkt grafilere taş radyodansite farklılıklarının objektif verilere dönüştürüldüğü yöntemden esinlenerek, yöntemin ESWL ile kırılabilirliği öngörmedeki etkisini değerlendirmek amaçlanmıştır.¹⁷ Bu çalışmada kullanılan gri skala değerleri siyah (0) ile beyaz (256) arasındaki düzlemde taşın radyodansitesi arttıkça beyaza yaklaşıcağı ilkesinden yola çıkarak kullanılmış olup elde edilen sonuçlar kantitatif değerlere dönüştürme açısından yararlı görünmektedir. Ancak bu yöntemin klinik uygulanabilir olması için her klinisyenin uygulamada benzer neticelere ulaşabilmesi yani bu değerlerin standardize edilebilmesi gerekmektedir. Zira konu en temelden alınacak olursa, konvansiyonel görüntülemelerde taşın radyodansitesi absorbe ettiği X ışınının miktarına bağlıdır. Dolayısıyla absorbe edilen ışın miktarı, uygulamanın dozuna ve hastanın beden kitle indeksine bağlı olarak değişebilecek, aynı cins taştan değişik gri skala düzeyleri elde edilebilecektir. Ayrıca konvansiyonel direkt grafilere dijital ortama alınmasında farklı teknikler uygulanması yine verilerin standardizasyonunu etkileyebilecektir. Zira fotoğraf çekimlerinde kullanılan negatioskop parlaklık düzeyi, kullanılan dijital fotoğraf makinesinin çözünürlüğü ve çekim

mesafesi aynı taştan elde edilen gri skala düzeylerinde değişkenliğe yol açmaktadır.

Konvansiyonel görüntüleme tekniklerinden yararlanılarak kırılabilirliği saptamada sorun yaratan gri skala düzeylerinin standardize etmedeki problemlerin giderilmesi bu yöntemin güvenilirliğini ve klinik uygulanma olanağını arttıracaktır. Araştırmamızda verilerin standardizasyonunu sağlamanın, taş radyodansitesinin daha önce rapor edilen vertebra ile karşılaştırılması ve 12. kot ile subjektif karşılaştırılmasından esinlenerek, mümkün olabileceği düşünüldü ve bu fikirden yola çıkarak taş gri skala düzeylerinin, homojen gri skala ölçümü yapılabilecek iliya kemik, 12. kot ve birinci sakral vertebra gri skala düzeylerine yüzde oranları alındı.^{15,16} Bu şekilde konvansiyonel grafinin çekim dozu, hastanın beden kitle indeksi, grafilerin dijital ortama alınmasındaki teknikler ve tarama çözünürlüğü ne olursa olsun kemik yapılar ve taş aynı oranda etkileneceğinden dolayı verilerin objektivitesinin sağlanmış olduğu düşünülmektedir.

Konvansiyonel yöntemler ile kırılabilirliği belirlemede sınırlayıcı bir diğer husus ise sistin taşlarının radyodansitesidir. Bilindiği gibi sistin taşlarının radyodansitesi genel olarak semiopak görünmesine rağmen kalsiyum taşları kadar da opak görünebilmektedir. Opasitesi düşük olan sistin taşının gri skala seviyesinin de düşük beklenmesine rağmen ESWL'ye dirençli kabul edilen bu taşlarda bu yöntemle elde edilen değerlerin kırılabilirliği öngörmede etkisi sınırlı olabilecektir. Araştırmamızda sistin taşlarında gri skala değerleri ve bunun kırılabilirlik üzerine etkisini değerlendirme olanağımız olmamıştır.

SONUÇ

Konvansiyonel direkt grafi radyodansitesinin kırılabilirliği ön görmedeki etkisini değerlendiren bu çalışmada konvansiyonel yöntem ile taş gri skala ölçümlerinin ve bunların kemik yapılarla oranlarının ESWL ile kırılabilirliği öngörmede etkisi saptanmamıştır.

KAYNAKLAR

- Taily GG. Experience with the Dornier HM4 and MPL 9000 lithotriptors in urinary stone treatment. *J Urol* 1990;144(3):622-7.
- Lingeman JE, Newman D, Mertz JH, Mosbaugh PG, Steele RE, Kahnoski RJ, et al. Extracorporeal shock wave lithotripsy: the Methodist Hospital of Indiana experience. *J Urol* 1986;135(6):1134-7.
- Cass AS. Comparison of first generation (Dornier HM3) and second generation (Medstone STS) lithotriptors: treatment results with 13,864 renal and ureteral calculi. *J Urol* 1995;153(3 Pt 1):588-92.
- Logarakis NF, Jewett MA, Luymes J, Honey RJ. Variation in clinical outcome following shock wave lithotripsy. *J Urol* 2000;163(3):721-5.
- Joseph P, Mandal AK, Singh SK, Mandal P, Sankhwar SN, Sharma SK. Computerized tomography attenuation value of renal calculus: can it predict successful fragmentation of the calculus by extracorporeal shock wave lithotripsy? A preliminary study. *J Urol* 2002;167(5):1968-71.
- Tavlı L, Vural Ö, Güngör S, Acarer E. [Histopathological evaluation of protective effects of verapamil, allopurinol and indomethacin on renal tissue damage following extracorporeal shock wave lithotripsy]. *Turkiye Klinikleri J Med Sci* 1997;17(1):36-8.
- Pareek G, Armenakas NA, Fracchia JA. Hounsfield units on computerized tomography predict stone-free rates after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 2003;169(5):1679-81.
- Williams JC Jr, Paterson RF, Kopecky KK, Lingeman JE, McAteer JA. High resolution detection of internal structure of renal calculi by helical computerized tomography. *J Urol* 2002;167(1):322-6.
- Mostafavi MR, Ernst RD, Saltzman B. Accurate determination of chemical composition of urinary calculi by spiral computerized tomography. *J Urol* 1998;159(3):673-5.
- Nakada SY, Hoff DG, Attai S, Heisey D, Blankenbaker D, Pozniak M. Determination of stone composition by noncontrast spiral computed tomography in the clinical setting. *Urology* 2000;55(6):816-9.
- Zarse CA, McAteer JA, Tann M, Sommer AJ, Kim SC, Paterson RF, et al. Helical computed tomography accurately reports urinary stone composition using attenuation values: in vitro verification using high-resolution micro-computed tomography calibrated to fourier transform infrared microspectroscopy. *Urology* 2004;63(5):828-33.
- Williams JC Jr, Saw KC, Paterson RF, Hatt EK, McAteer JA, Lingeman JE. Variability of renal stone fragility in shock wave lithotripsy. *Urology* 2003;61(6):1092-6.
- Motley G, Dalrymple N, Keesling C, Fischer J, Harmon W. Hounsfield unit density in the determination of urinary stone composition. *Urology* 2001;58(2):170-3.
- Mattelaer P, Schröder T, Fischer N, Jakse G. In situ extracorporeal shockwave lithotripsy of distal ureteral stones: parameters for therapeutic success. *Urol Int* 1994;53(2):87-91.
- Aeberli D, Müller S, Schmutz R, Schmid HP. Predictive value of radiological criteria for disintegration rates of extracorporeal shock wave lithotripsy. *Urol Int* 2001;66(3):127-30.
- Favela R, Gutierrez J, Bustos J, Castaño-Tostado E, Loske AM. CT attenuation value and shockwave fragmentation. *J Endourol* 2005;19(1):5-10.
- Oehlschläger S, Hakenberg OW, Froehner M, Manseck A, Wirth MP. Evaluation of chemical composition of urinary calculi by conventional radiography. *J Endourol* 2003;17(10):841-5.