

Bilgisayarlı Tomografi Bulgularının Çocuklarda Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy Başarısını Öngörmedeki Rolü

ROLE OF COMPUTED TOMOGRAPHY FINDINGS FOR PREDICTING EXTRACORPOREAL SHOCK WAVE LITHOTRIPSY SUCCESS IN CHILDREN

Serdar ÇELİK¹, Ozan BOZKURT¹, Fatih Gülbey KAYA², Sedat KARAKOÇ¹, Figen ÇELEBİ ÇELİK³, Ömer DEMİR¹, Mustafa SEÇİL², Aykut KEFİ¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Üroloji Anabilim Dalı

² Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı

³ Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı

ÖZ

Amaç: “Extracorporeal shock wave lithotripsy” (SWL) çocuk böbrek taşlarında ilk basamak tedavi seçeneğidir. Fakat birden çok seans ve anestezi gerekliliği gibi bazı dezavantajları mevcuttur. Bunu önlemek adına son yıllarda SWL başarısını öngören çalışmalar artmaktadır.

Yöntem: Aralık 2009- Mayıs 2014 tarihleri arasında böbrek taşı nedenli SWL uygulanan ve bilgisayarlı tomografi (BT) tetkiki olan 34 çocuk hasta değerlendirildi. Hastalar iki grupta değerlendirildi. Grup 1’de BT tetkikinde insidental böbrek taşı saptanan ve SWL uygulanan, Grup 2’de ise başarısız SWL sonrası, mini-perc öncesi çekilen BT’de taşı korunan çocuk hastalar değerlendirildi. BT’de taşın çapı, hounsfield units (HU) değeri ile cilt-taş mesafesi (SSD) ölçüldü. Ortalama HU değerleri (HUave) hesaplandı. Veriler SWL başarısına göre karşılaştırıldı. Başarılı SWL tamamen taşsızlık olarak değerlendirildi.

Bulgular: Grup 1’de SWL başarılı 8 hasta, başarısız 4 hasta olmak üzere toplam 12 hasta, Grup 2’de SWL başarısız 22 hasta değerlendirildi. Grup 1’de SWL başarılı ve başarısız grupların ortalama HUave değerleri sırası ile 601,7 ve 996,9HU saptandı ($p<0,05$). Otuzdört hastada yapılan ROC analizinde HUave cut-off değeri 750HU olarak saptandı (AUC=0,856). HUave 750 değerine göre SWL başarısı karşılaştırıldığında istatistiksel anlamlı fark saptandı (OR=7,06, $p=0,013$). SWL başarısına etki eden faktörler HUmin, HUmax, HUave ve taş çapı olarak saptandı. SSD değerinde ise anlamlı fark saptanmadı.

Tartışma ve sonuç: Sonuç olarak, taş çapı ve HU değerleri çocuk böbrek taşlarında SWL başarısını öngören faktörlerdir. Gereksiz SWL tedavilerini önlemek adına SWL öncesi BT değerlendirmesinin prospektif çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çocuklar, Bilgisayarlı tomografi (BT), “Extracorporeal shock wave lithotripsy” (SWL), “Hounsfield units” (HU), Böbrek taşı

ABSTRACT

Introduction: Extracorporeal-shock-wave-lithotripsy (SWL) is the first-line treatment option in pediatric kidney stones. However, there are some

Serdar ÇELİK
Dokuz Eylül Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Üroloji AD
İZMİR

disadvantages such as multiple sessions and anesthesia requirements. To avoid this, in recent years, the number of studies that are predicting SWL success were increased.

Methods: Between December 2009-May 2014, 34 children were evaluated by computed-tomography(CT) and they were treated with SWL for kidney stones. The patients were divided into two groups. In Group 1, patients with kidney stones that were detected incidentally in CT examination were applied SWL treatment. In Group 2, patients had kidney stones that protected in CT examination after failed SWL treatment and before mini-perc treatment. Stone-diameter, hounsfield units (HU) and skin-to-stone distance (SSD) were measured in CT. The average of HU values (HUave) were calculated. All data were compared to according to the SWL success. SWL success was considered completely stone-free (SF).

Results: 12 patients (8 had success and 4 had unsuccess) were evaluated in Group 1; 22 patients (all had unsuccess) were evaluated in group 2. In Group 1, HUave values of SWL success and unsuccess patients were detected as 601,7HU and 996,9HU respectively($p<0,05$). ROC analysis was performed for 34 patients and cut-off value of HUave was found to be 750HU(AUC=0,856). SWL success rates were compared according to 750HUave and statistically significant difference was found (OR=7,06, $p=0,013$). HUmin, HUmax, HUave and stone-diameter values were predictors for SWL success. There was no difference in SSD.

Discussion and conclusion: As a result, stone-diameter and HUvalues were success predictors for SWL in pediatric kidney stones. In order to avoid unnecessary SWL treatments, evaluation with CT before SWL treatment should be supported by prospective studies.

Keywords: Children, Computed tomography (CT), Extracorporeal shock wave lithotripsy (SWL), Hounsfield units (HU), Kidney Stone

1980'lerden bu yana üriner sistem taş hastalığı tedavisinde extracorporeal shock wave lithotripsy (SWL) önemli bir yer tutmaktadır (1). SWL, çocuk yaş grubunda yüksek (%98'e varan) taşsızlık oranları sağlamaktadır (2). Bu yüzden çocukluk çağı taş hastalığı tedavisinde daha güvenli ve daha az invaziv olan SWL, ilk basamak tedavi seçeneğidir (2-5). SWL başarısı birçok faktöre bağlıdır. Bunlar; taşa bağlı, hastaya bağlı ve böbreğe bağlı faktörlerdir (6). Özellikle taşa ve böbreğe bağlı faktörleri değerlendirirken intravenöz pyelografi (İVP) geçmişte önemli bir yer tutmuştur. Yapılan çalışmalarda İVP'de infundibulopelvik açı, infundibuler uzunluk ve infundibuler genişlik ölçümleri ile SWL başarısı arasında ilişki araştırılmış ve anlamlı sonuçlar saptanmıştır (7). Son yıllarda ise üriner sistem taş hastalığı tanısında bilgisayarlı tomografinin (BT) kullanıma girmesiyle, İVP'nin kullanımı azalırken BT'nin kullanımı artmıştır. Fakat BT'nin çocuk hastalardaki kullanımı hala tartışmalıdır. BT kullanımıyla birlikte SWL başarısını öngören çalışmalar da artmıştır. Hounsfield ünitesinin (HU) ölçümü de bu çalışmaların başında gelmektedir. Ayrıca taş boyutu ve taş yükü ile birlikte cilt-taş mesafesi (SSD) ve Hounsfield dansitesi (HD) gibi başka ölçüm yöntemleri de tanımlanmıştır (8,9).

Bu çalışmanın amacı çocuk yaş grubunda başarısız SWL oranlarını azaltmak adına SWL öncesi çekilen BT'de taş çapı, HU, HD ve SSD ölçümlerinin SWL başarısına etkisini araştırmaktır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Aralık 2009 - Mayıs 2014 tarihleri arasında BT'sinde böbrek taşı olan ve SWL uygulanan çocuk hastalar çalışmaya dahil edildi. Hastalar iki farklı grupta değerlendirildi. Grup 1'de taş dışı endikasyon nedeniyle BT çekilen ve insidental böbrek taşı saptanarak kliniğimizde SWL uygulanan çocuk hastalar mevcutken, Grup 2'de SWL'den fayda görmeyen, mini-perc öncesi BT'sinde taşın işlem öncesine göre aynı kaldığı ve tamamen korunduğu çocuk hastalar mevcuttu. Bu iki grup çocuk hastalar retrospektif tarandı. Staghorn, >20mm ve multiple taşı olan hastalar, SWL sonrası taşa yer değişikliği, boyutunda azalma ya da parçalanma gösteren Grup 2 hastalar ile BT'sinde üriner ve iskelet anomalisi saptanan hastalar çalışmaya alınmadı. Abdominal BT, karaciğer kubbesinden pubis eklemine kadar, pencere genişliği 2mm olacak şekilde 120kV 100mA 64-slice computed tomography scanner (Brilliance 64, Philips, Best,

the Netherlands) ile çekilmişti. Ölçümler taşın BT'de en büyük çapının olduğu planda (longitudinal ya da transvers), kemik penceresinde ve %400 büyük büyütmede radyolog tarafınca yapıldı. Taşın en büyük boyutu ölçüldü, sonra taşın en düşük yoğunluklu ve en yüksek yoğunluklu alanlarından HU değerleri ölçüldü. Seri ölçümler sonucu taşın en yüksek HU değeri (HUmax) ve en düşük HU değeri (HUmin) saptandı. Bu iki değerın ortalaması (HUave) hesaplandı. HD, HUmax'ın en büyük taş çapına oranı olarak hesaplandı (10). SSD, Pareek ve arkadaşları tarafınca tarif edilen koronal plan ile sagittal plan arasındaki 45 derecelik açı ile taş merkezinden cilde olan mesafe ölçülerek hesaplandı (11). Hastalara sedo-analjezi altında ortalama 2,62 seans (1-3 seans, 2000-6000 vuru) SWL yapıldı. Tüm tedaviler Elmed Lithotripsy Systems (Elmed, Ankara, Turkey) ile uygulandı. Taşın fragmentasyonu işlem süresince floroskopi ile takip edildi. İşleme çocuk hastalarda standart olan 13kV ve 60/dakika frekans ile başlandı. Maksimum 20kV olacak şekilde 2000 vuru ile seanslar tamamlandı. Her seans sonrası taşın yeri ve fragmentasyonu direkt üriner sistem (DUS) grafisi ile takip edildi. Sonraki seansa DUS grafisine göre karar verildi. Seanslar birer hafta ara ile uygulandı. Son seanstan altı hafta sonra çekilen DUS ya da IVP ile SWL başarısı değerlendirildi. Başarı, tamamen taşsızlık (stone-free(SF)) saptanması olarak değerlendirildi.

İSTATİSTİK

Grup 1 ve 2 hastalar genel demografik ve BT verilerine göre değerlendirildi. Grup 1'deki olgular SWL başarısına göre başarılı ve başarısız olarak iki alt grupta karşılaştırılarak incelendi. Daha sonra grup 1 ve 2 deki tüm hastalar SWL başarısına göre karşılaştırılarak değerlendirildi. Karşılaştırılan hastaların sürekli verilerinin (yaş, HUmin, HUmax, HUave, taş boyutu, HD ve SSD) normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Normal dağılıma uymayan ve hasta sayısı düşük gruplar Mann-Whitney U test ile karşılaştırıldı. SWL seans sayısı gibi kategorik veriler ise Pearson χ^2 test ile karşılaştırıldı. ROC Curve analiz yöntemi ile cut-off değer ve sensitivite ve spesifite oranları saptandı. İstatistiksel analiz yöntemleri Statistical Package for Social Sciences, version 20,0 (SPSS, Chicago, Ill) software programı kullanılarak değerlendirildi ve $p<0,05$ değeri anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Çalışmada böbrek taşı olan 34 çocuk hasta değerlendirildi. Grup 1'de BT tetkiki olup da SWL uyguladığımız 12 çocuk hasta mevcut iken, grup 2'de miniperc uyguladığımız tamamen SWL dirençli 22 hasta mevcuttu. Hastaların gruplara göre demografik verileri Tablo I'de verilmiştir. Tüm hastaların ortalama yaşı 7,02 (1,09-17,7 (min-max)) yıl, ortalama taş çapı 10,84mm ve ortalama HUave değeri 891,13HU olarak ölçüldü. Tüm taşların 8'i alt pol, 7'si orta kaliks, 2'si üst pol ve 17'si renal pelvis taşıydı. Grup 1 hasta verileri ayrıca incelendi (Tablo I). Grup 1'deki 12 hastanın 8'inde SWL başarılı iken 4 hastada SWL başarısız saptandı. Grup 1 alt pol taşları ile alt pol dışı yerleşimli (orta kesim, üst pol ve renal pelvis) taşlar arasında SWL başarısına göre değerlendirme yapıldığında; alt pol (3 hasta) ve alt pol dışı (9 hasta) taşlarda SWL başarı oranları sırası ile %66,6 ve %66,6 saptanmış olup istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Grup 1'deki hastalar yaş aralıklarına göre değerlendirildiğinde ise sırası ile <5 (4 hasta), 5-10 (4 hasta) ve >10 (4 hasta) yaş aralıklarındaki SWL başarı oranları %75, %75, %50 olarak saptanmış olup yapılan analizde yaş grupları arasında istatistiksel anlamlı bir fark saptanmamıştır. Ancak <10 yaş hastalarda SWL başarı oranının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Gruplar arası hastaların taş çapı, HU değerleri ve SSD değerleri incelendi. Grup 1 içindeki SWL başarılı ve başarısız alt grupların taş çapı, HD ve SSD değerlerinde anlamlı farklılık saptanmazken; HUmin ($p=0,042$), HUmax ($p=0,041$) ve HUave ($p=0,027$) değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Tablo I). Grup 1 ve 2'deki tüm hastalar SWL başarısına göre SWL başarılı ve başarısız alt grupların HD ve SSD değerlerinde anlamlı farklılık saptanmazken; HUmin ($p=0,003$), HUmax ($p=0,004$), HUave ($p=0,003$) ve taş çapı ($p=0,014$) değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Tablo II). HUave değeri esas alınarak 34 hastada yapılan ROC analizinde AUC değeri 0.856 saptandı. ROC analizinde 750 HUave değerinin %75 sensitivite ve %75 spesifite gösterdiği belirlendi. Literatürle uyumlu olan 750 HUave değeri cut-off değer olarak alındığında; ≤ 750 HU olan hastalarda (12 hasta), >750 HU olan hastalara (22 hasta) göre SWL başarısında (OR) 7,06 kat artış olduğu gözlendi ($p=0,013$).

Tablo I. Grup 1 ve Grup 2 hastaların demografik verileri ve bu verilerin ortalama değerleri. Grup 1 hastaların SWL başarısına göre istatistiksel analiz sonuçları.

	Grup 1 (n=12)			p değeri	Grup 2 (n=22)
	Başarılı	n	Ortalama değer ± SS		Ortalama değer ± SS
Yaş	Başarılı	8	7,4 ± 5,3	0,497	6,3 ± 5,2
	Başarısız	4	10,3 ± 7,4		
SWL seans	Başarılı	8	2,38 ± 0,9	0,180	2,64 ± 0,58
	Başarısız	4	3 ± 0		
HUmin (HU)	Başarılı	8	477,8 ± 177,1	0,042	773,7 ± 284,1
	Başarısız	4	868,2 ± 263		
HUmax (HU)	Başarılı	8	725,7 ± 196,4	0,041	1180,5 ± 488,2
	Başarısız	4	1125,5 ± 306,8		
HUave (HU)	Başarılı	8	601,7 ± 178,5	0,027	977,1 ± 354,2
	Başarısız	4	996,9 ± 283,6		
Taş boyutu (mm)	Başarılı	8	8,2 ± 2	0,269	12 ± 4,4
	Başarısız	4	9,6 ± 1,4		
Cilt-taş mesafesi (SSD) (mm)	Başarılı	8	52,1 ± 29,8	0,734	41,5 ± 12,4
	Başarısız	4	53,8 ± 25,5		
HD (HU/mm)	Başarılı	8	94,2 ± 36,2	0,396	106,8 ± 46,6
	Başarısız	4	121,2 ± 43		
Cinsiyet	5 kız, 7 erkek				11 kız, 11 erkek
Taş tarafı	5 sol, 7 sağ				14 sol, 8 sağ

Tablo II. Tüm hastalar (Grup 1 ve 2) arasında SWL başarılı ve başarısız hastaların ortalama verileri ile bu veriler arasındaki istatistiksel analiz sonuçları.

	SWL başarılı grup (Grup 1 SWL başarılı hastalar) (n=8) Ortalama değer ± SS	SWL başarısız grup (Grup 1 ve 2 SWL başarısız hastalar) (n=26) Ortalama değer ± SS	p değeri
Yaş	7,4 ± 5,3	6,9 ± 5,6	0,715
SWL seansı	2,38 ± 0,9	2,69 ± 0,55	0,402
HUmin (HU)	477,8 ± 177,1	788,3 ± 278,1	0,003
HUmax (HU)	725,7 ± 196,4	1172,1 ± 460,4	0,004
HUave (HU)	601,7 ± 178,5	980,2 ± 339,2	0,003
Taş boyutu (mm)	8,2 ± 2	11,7 ± 4,1	0,014
Cilt-taş mesafesi (SSD) (mm)	52,1 ± 29,8	43,4 ± 15,1	0,612
HD (HU/mm)	94,2 ± 36,2	109 ± 45,5	0,503

TARTIŞMA

SWL öncesi radyolojik görüntüleme yöntemleri ile SWL başarısının öngörüldüğü çalışmalar; önceleri DUS ve İVP gibi görüntüleme yöntemleri ile sınırlıyken, BT'nin kullanıma girmesiyle bu tür çalışmalarda artış gözlenmiştir. Geçmiş çalışmalarda, İVP'de infindibulopelvik açı, infindibuler uzunluk ve infindibuler genişlik ölçülmüş olup sırası ile <70 derece, >3cm ve <5mm saptanan hastalarda SWL başarısının daha düşük olduğu gösterilmiştir (7).

SWL, çocukluk çağı üriner sistem taşlarında %98'lere varan başarı oranları ile ilk basamakta tercih edilen tedavi seçeneğidir (2,12-14). Hatta bu yöntemin erken yaş çocuklarda, staghorn taşlarda bile etkili olduğu gösterilmiştir (15,16). Fakat yine de taş yükü (boyutu ve sayısı) tedavi seçimini etkileyen önemli bir faktördür. <2cm taşlarda başarı oranı %90 civarında iken taş yükü arttıkça taşsızlık oranı azmakta, ek girişim artmaktadır (6). Taşın yeri de SWL başarısını etkileyen faktörlerden biridir. Özellikle alt pol taşlarında, orta kesim, üst pol ve renal pelvis taşlarına göre SWL'nin başarı oranı düşmektedir. Yapılan bir çalışmada alt pol taşlarında SWL başarısı %60 saptanmış olup >2cm alt pol taşlarında taş yükünün de artışıyla birlikte bu oran %33'lere düşmüştür (17). Bizim çalışmamızda taş boyutu arttıkça SWL başarısında azalma saptanmıştır. Taşın lokalizasyonuna göre değerlendirildiğinde ise SWL başarısında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Fakat bu sonucun çıkmasında hasta sayısının azlığı etken olmuş olabilir.

Yaş ile SWL başarısı arasında ters orantılı ilişki varlığını ortaya koyan çalışmalar mevcuttur. Bunlardan birinde yaş aralığı; <5yaş, 5-10 yaş ve >10 yaş olarak alınmış olup erken yaş grubunda SWL başarısı daha yüksek saptanmıştır (18,19). Fakat yine de her yaş grubundaki başarı oranı, çocuk üriner sistem mesafesinin daha kısa olması nedeniyle erişkinlerden daha yüksek düzeylerde (2). Bizim çalışmamızda da bu yaş aralıkları değerlendirilmiş olup erken yaş grubunda SWL başarısının daha yüksek oranda olduğu gözlenmiştir. Fakat bu oran hasta sayısının azlığı nedeniyle istatistiksel olarak anlam bulamamıştır. Taş boyutu, SWL başarısını doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Yapılan bir

çalışmada <10 mm taşlarda %82 SWL başarısı saptanmışken bu oran 11-20mm taşlarda %69'a ve >20mm taşlarda %58'e düşmektedir (20). Bizim çalışmamızda <20mm taşlar çalışmaya dahil edilmiştir. Fakat yine de taş boyutu ile SWL başarısı arasındaki anlamlı ilişki istatistiksel analiz sonuçlarına yansımıştır ($p<0,05$).

Taşların kırılabilirlik derecesindeki değişiklikler SWL başarısında farklılıklara yol açmaktadır (21). Taş kırılabilirliğini öngörebilmek adına BT'de HU ve HD değerleri ölçülmektedir. HU değeri ile SWL sonrası taşsızlık oranları arasında anlamlı sonuçlar saptanmıştır (8,9,22). Yapılan bir çalışmada <750HU ve <1,1 cm olan taşlarda <3 seans ESWL uygulaması sonrası taşsızlık oranı %90 iken, >750HU ve >1,1 cm taşlarda >3seans SWL ile ancak %60 taşsızlık oranı sağlanabilmiştir (23). Daha önce erişkin hasta grubunda yapmış olduğumuz çalışmada HUave cut-off değerini 750HU olarak saptamıştık ve >750HU saptanan hastalarda SWL başarısının %20,2 olduğunu göstermiştik (8). Çocuk hastalarda yapılan bir çalışmada ise 600HU değeri cut-off değer olarak saptanmış olup, <600HU olan hastalarda SWL başarısı %82,1 iken >600HU olan hastalarda bu oranın %20'ye düştüğü saptanmıştır (9). Bizim sonuçlarımız değerlendirildiğinde ise böbrek taşlarında HUmin, HUmax, HUave ve taş çapının SWL başarısında etkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca 750 HUave değerinin cut-off değer olarak saptanmış olması ile birlikte hem bu çalışmamızda hem de önceki erişkin çalışmamızda ≤ 750 HUave değeri saptanan hastalarda SWL başarısının >750 HUave değeri saptanan hastalara göre anlamlı yüksek olduğu saptanmıştır.

Yapılan çalışmalarda böbrek taşlarında HU ve body-mass-index (BMI)'nin SWL başarısında bağımsız etkenler olduğu saptanmıştır (8,24). SSD değeri de obeziteden etkilenen bir değer olup BMI gibi SWL başarısını etkilemektedir. >10cm SSD saptanan hastaların SWL başarısının daha olumsuz olduğu gösterilmiştir (11). Erişkinlerde BMI gibi obezite göstergesi olan SSD çalışmamızda değerlendirilmiş olup anlamlı farklılık saptanmamıştır. SSD'nin çocuk yaş grubunda erişkinlerdeki gibi sadece obeziteden değil, büyüme eğrisinden de etkilendiği, bu yüzden SWL öncesi SSD

değerinin erişkinlerde kullanımının daha doğru bir yaklaşım olacağı sonucuna varılmıştır.

Retrospektif verilerin değerlendirildiği kısıtlı hasta sayısına sahip bu çalışma bize BT'de taş dansitesi hakkında bilgiler veren HU değerlerinin ölçümü ile SWL başarısının öngörülebilir olduğu sonucunu vermiştir. Taş çapının SWL başarısındaki önemi tekrar gösterilmiş olup, SSD ölçümünün ise çocuk yaş grubunda erişkinlerdeki gibi bağımsız etken olmadığı saptanmıştır. Ayrıca erken yaş çocuklukta SWL başarısının daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak, çocukluk çağı üriner sistem taş hastalığı tanısında düşük doz kontrastsız BT kullanımının anestezi altında uygulanan başarısız SWL oranlarını azaltmada; taş çapı, SSD ve HU gibi önemli bilgiler verebileceği akılda tutulmalı ve bu gibi çalışmaların prospektif çalışmalarla desteklenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- 1- Chaussy C, Schmiedt E. Shock wave treatment for stones in the upper urinary tract. *Urol Clin North Am* 1983;10:743-750.
- 2- Gofrit ON, Pode D, Meretyk S, et al. Is the pediatric ureter as efficient as the adult ureter in transporting fragments following extracorporeal shock wave lithotripsy for renal calculi larger than 10 mm.? *J Urol* 2001;166:1862-1864.
- 3- Tekin I, Tekgul S, Bakkaloglu M, Kendi S. Results of extracorporeal shock wave lithotripsy in children using the Dornier MPL 9000 lithotripter. *J Pediatr Surg* 1998Aug;33(8):1257-1259.
- 4- Brinkmann OA, Griehl A, Kuwertz-Bröking E, Bulla M, Hertle L. Extracorporeal shock wave lithotripsy in children. Efficacy, complications and long-term follow-up. *Eur Urol* 2001;39:591-597.
- 5- Rodrigues Netto N Jr, Longo JA, Ikonmidis JA, Rodrigues Netto M. Extracorporeal shock wave lithotripsy in children. *J Urol* 2002;167:2164-2166.
- 6- Lingeman JE, Newman D, Mertz JH, et al. Extracorporeal shock wave lithotripsy: the Methodist Hospital of Indiana experience. *J Urol* 1986;135:1134-1137.
- 7- Elbahnasy AM, Clayman RV, Shalhav AL, et al. Lower-pole caliceal stone clearance after shockwave lithotripsy, percutaneous nephrolithotomy, and flexible ureteroscopy: impact of radiographic spatial anatomy. *J Endourol* 1998;12:113-119.
- 8- Celik S, Bozkurt O, Kaya FG, et al. Evaluation of computed tomography findings for success prediction after extracorporeal shock wave lithotripsy for urinary tract stone disease. *Int Urol Nephrol*. 2015Jan;47(1):69-73.
- 9- El-Assmy A, El-Nahas AR, Abou-El-Ghar ME, Awad BA, Sheir KZ. Kidney stone size and hounsfield units predict successful shockwave lithotripsy in children. *Urology*. 2013Apr;81(4):880-884.
- 10- Nakada SY, Hoff DG, Attai S, Heisey D, Blankenbaker D, Pozniak M. Determination of stone composition by non-contrast spiral computed tomography in the clinical setting. *Urology* 2000;55:816-819.
- 11- Pareek G, Hedican SP, Lee FT Jr, Nakada SY. Shock wave lithotripsy success determined by skin-to-stone distance on computed tomography. *Urology* 2005;66:941-944.
- 12- Kroovand RL. Pediatric urolithiasis. *Urol Clin North Am* 1997;24:173-184.
- 13- Ather MH, Noor MA. Does size and site matter for renal stones up to 30-mm in size in children treated by extracorporeal lithotripsy? *Urology* 2003;61:212-215.
- 14- Demirkesen O, Tansu N, Yaycioglu O, Onal B, Yalcin V, Solok V. Extracorporeal shockwave lithotripsy in the pediatric population. *J Endourol* 1999;13:147-150.
- 15- Lottmann HB, Traxer O, Archambaud F, Mercier-Pageyral B. Monotherapy extracorporeal shock wave lithotripsy for the treatment of staghorn calculi in children. *J Urol* 2001Jun;165:2324-2327.
- 16- Shukla AR, Hoover DL, Homsy YL, Perlman S, Schurman S, Reisman EM. Urolithiasis in the low

- birth weight infant: the role and efficacy of extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 2001;165:2320-2323.
- 17- Lingeman JE, Siegel YI, Steele B, Nyhuis AW, Woods JR. Management of lower pole nephrolithiasis: a critical analysis. *J Urol* 1994;151:663-667.
- 18- Aksoy Y, Ozbey I, Atmaca AF, Polat O. Extracorporeal shock wave lithotripsy in children: experience using a mpl-9000 lithotripter. *World J Urol* 2004;22:115-119.
- 19- Kalorin CM, Zabinski A, Okpareke I, White M, Kogan BA. Pediatric urinary stone disease – does age matter? *J Urol* 2009;181:2267-2271.
- 20- Muslumanoglu AY, Tefekli A, Sarilar O, Binbay M, Altunrende F, Ozkuvanci U. Extracorporeal shock wave lithotripsy as first line treatment alternative for urinary tract stones in children: a large scale retrospective analysis. *J Urol* 2003;170:2405-2408.
- 21- Dretler SP. Stone fragility—a new therapeutic distinction. *J Urol* 1988;139:1124-1127.
- 22- Pareek G, Armenakas NA, Fracchia JA. Hounsfield units on computerized tomography predict stone-free rates after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 2003;169:1679-1681.
- 23- Gupta NP, Ansari MS, Kesarvani P, Kapoor A, Mukhopadhyay S. Role of computed tomography with no contrast medium enhancement in predicting the outcome of extracorporeal shock wave lithotripsy for urinary calculi. *Br J Urol Int* 2005;95:1285-1288.
- 24- Pareek G, Armenakas NA, Panagopoulos G, Bruno JJ, Fracchia JA. Extracorporeal shock wave lithotripsy success based on body mass index and Hounsfield units. *Urology* 2005;65:33-36.