



Kontrastsız BT Görüntülemeye Hounsfield Üniteleri Kullanılarak Taş Kompozisyonunun Preoperatif Tahmini: Türkiye'den Tek Merkezli Bir Çalışma

Preoperative Prediction of Stone Composition Using Hounsfield Units in Non-Contrast CT Imaging: A Single-Center Study from Turkey

● Çağrı DOĞAN, ● Mehmet Fatih ŞAHİN, ● Muhammed Sencer KÖROĞLU, ● Onur ORBEĞİ, ● Furkan Batuhan TUNCER, ● Cenk Murat YAZICI

Namık Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi Üroloji Anabilim Dalı, Tekirdağ, Türkiye

ÖZ

Amaç: Üriner sistem taşlarının bileşiminin, ekstrakorporeal şok dalgası litotripsi etkinliği ile doğrudan ilişkili olduğu ve endoskopik prosedürlerde taşsızlık oranları ve taş fragmentasyon süresi gibi çeşitli faktörlerle önemli derecede ilişkili olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. Bu çalışmada kontrastsız bilgisayarlı tomografi (NCCT) ile elde edilen Hounsfield ünitesi (HU) ölçümlerinin taş bileşimini tahmin etmedeki rolünün araştırılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Taşlar baskın kompozisyonlarına göre sınıflandırıldı. HU ölçümleri, taş bileşimini tahmin etmedeki doğruluğu değerlendirmek için spektrofotometrik analiz sonuçları ile karşılaştırıldı. Ayrıca, hasta demografik verileri, klinik özellikler ve taş ile ilişkili parametreler (HU değerleri, HU yoğunluğu, taş boyutu, hacmi ve kompozisyonu) kaydedilerek analiz edildi.

Bulgular: Toplam 571 hastanın taş analiz verileri retrospektif olarak incelendi. Kalsiyum oksalat grubunda ortalama kor HU, periferik HU ve ortalama HU değerleri; sistin, ürik asit ve kalsiyum oksalat + ürik asit gruplarına kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bulundu (tüm $p < 0,001$). Ayrıca, taş boyutu ile kor HU değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptandı ($r=0,291$, $p < 0,001$).

Sonuç: NCCT, taş kompozisyonunu belirleyerek en uygun tedavi seçiminin yapılmasına yardımcı olabilir. HU ölçümleri (kor, periferik ve yoğunluk) kullanılarak kalsiyum bazlı taşlar, sistin ve ürik asit bazlı taşlardan ayırt edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı tomografi, Hounsfield ünitesi, taş, taş kompozisyonu, taş tipi

ABSTRACT

Aim: Numerous studies have shown that urinary stone composition is directly associated with the effectiveness of extracorporeal shock wave lithotripsy and is significantly related to various factors, including stone-free rates and fragmentation time during endoscopic procedures. Therefore, this study aimed to predict stone composition using Hounsfield unit (HU) measurements obtained from non-contrast computed tomography (NCCT).

Materials and Methods: Urinary stones were classified according to their predominant composition. HU measurements were compared with spectrophotometric analysis results to assess the accuracy of predicting stone composition. Additionally, patient demographic data, clinical characteristics, and stone-related parameters—including HU values, HU density, stone size, volume, and composition were recorded and analyzed.

Results: A total of 571 patients' stone analysis data were retrospectively analyzed: mean core HU, peripheral HU, and average HU values. The calcium oxalate group had significantly higher values than those in the cystine, uric acid, and calcium oxalate + uric acid groups (all $p < 0.001$). Furthermore, a statistically significant correlation was found between stone size and core HU values ($r=0.291$, $p < 0.001$).

Conclusion: NCCT may aid in selecting the most appropriate treatment by identifying stone composition. HU measurements (core, peripheral, and density) can be utilized to differentiate calcium-based stones from cystine- and uric acid-based stones.

Keywords: Computed tomography, Hounsfield unit, stone, stone composition, stone type

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Mehmet Fatih ŞAHİN MD, Namık Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi Üroloji Anabilim Dalı, Tekirdağ, Türkiye

E-posta: mfatihshahin@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-0926-3005

Geliş Tarihi/Received: 29.01.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 23.09.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 19.12.2025

Atıf/Cite this article as: Doğan Ç, Şahin F, Sencer Köroğlu M, Orbeği O, Tuncer FB, Yazıcı CM. Preoperative prediction of stone composition using Hounsfield units in non-contrast CT imaging: a single-center study from Turkey. Nam Kem Med J. 2025;13(4):384-388

©Telif Hakkı 2025 Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi / Namık Kemal Tıp Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.

©Copyright 2025 by Tekirdağ Namık Kemal University / Namık Kemal Medical Journal is published by Galenos Publishing House.

Creative Commons Atıf-GayriTicari-Türetilemez 4.0 (CC BY-NC-ND) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.



GİRİŞ

Üriner sistem taş hastalığı tanı ve tedavisinde, kontrastsız bilgisayarlı tomografinin (NCCT) yaygın kullanımıyla önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. NCCT, taşın radyoopaklığını Hounsfield üniteleri (HU) aracılığıyla ölçmeyi sağlar, bu da dolaylı olarak taş kompozisyonu hakkında bilgi verir. Taş kompozisyonunun preoperatif tahmini kritik öneme sahiptir, çünkü özellikle ekstrakorporeal şok dalga litotripsisinin (ESWL) ve endoskopik işlemlerin başarı oranlarını tahmin etme yolu ile en uygun tedavi yaklaşımını belirlemeye yardımcı olur. Bilgisayarlı tomografi (BT) ayrıca taşın çevre dokular içindeki görselleştirilmesini kolaylaştırır ve HU ölçümlerine izin verir. Bu nedenle, NCCT bu avantajları nedeniyle üriner sistem ultrasonografisi, düz radyografi ve intravenöz piyelografi gibi diğer konvansiyonel yöntemlerin yerini almıştır^{1,2}. Literatür, üriner taşların kompozisyonunun ESWL etkinliği ile doğrudan ilişkili olduğunu ve endoskopik işlemler sırasında taşsızlık oranları ve taş fragmentasyon süresi gibi çeşitli faktörlerle önemli ölçüde ilişkili olduğunu belirtmektedir³. Literatürdeki birkaç çalışma, üriner taş kompozisyonu ile HU değerleri arasında net bir korelasyon göstermektedir⁴⁻⁶. Ayrıca, HU taş kompozisyonunu tahmin etmede kritik bir belirteç olarak kabul edilmektedir. Bu çalışma, NCCT'den elde edilen HU değerleri ile üriner taş kompozisyonu arasındaki ilişkiyi bir Türk hasta popülasyonunda incelemeyi amaçlamaktadır. Özellikle, HU değerlerinin farklı taş türlerini ayırt edemeyeceğini değerlendirmeyi, preoperatif taş kompozisyonu tahminini geliştirmek için olası eşik noktalarını belirlemeyi ve bu bulguların Türk popülasyonuna uygulanabilirliğini değerlendirmeyi hedeflemektedir.

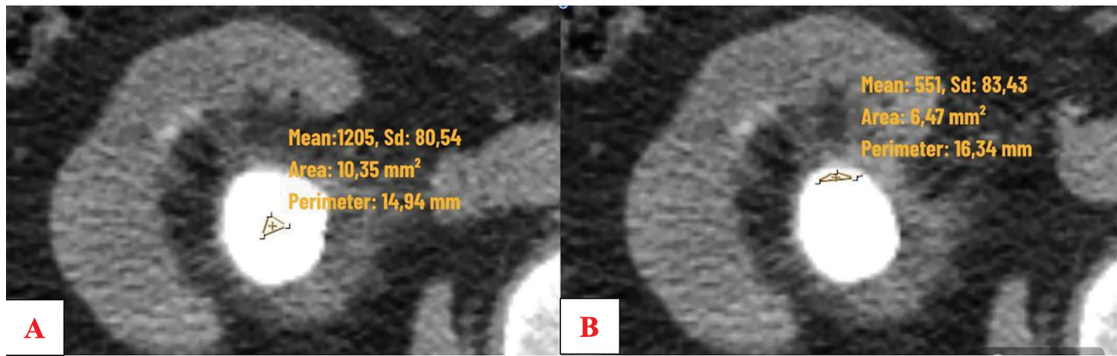
GEREÇ VE YÖNTEMLER

Retrospektif bu çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay almıştır (protokol numarası: 2023.73.04.09, tarih: 25.04.2023)

ve Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Veriler, Ağustos 2016 ile Ocak 2024 arasında kliniğimizde üriner sistem taş hastalığı nedeniyle cerrahi müdahale yapılan hastalardan toplanmıştır; bunlar ureterskopi, retrograd intrarenal cerrahi, perkütan nefrolitotomi ve laparoskopik veya açık taş cerrahisini içerir. Cerrahi taş çıkarma işlemi yapılan, preoperatif görüntülemesi NCCT ile tam olan ve taş örnekleri infrared spektrofotometrik analiz ile sağlanan hastalar çalışmaya dahil edilmiştir.

Hasta grubu, on altı kanallı, çok kesitli BrightSpeed Serisi BT tarayıcısı (GE Healthcare, Milwaukee, WI, ABD) kullanılarak incelenmiştir. NCCT taramaları, 16 × 1.25 mm kolimasyon, ortalama kesit kalınlığı 5 mm ve alet rotasyon hızı 27,50 rotasyon/0,80 saniye (pitch 1,375) ile, 120 kVp ve 250 etkili mAs kullanılarak elde edilmiştir. Görüş alanı her bireyin boyutlarına göre kalibre edilmiş olup, üst abdomenden pubise kadar uzanmış ve intravenöz kontrast ajan kullanılmamıştır. NCCT görüntüleri dijital olarak bir bilgisayara (Sectra PACS Linköping, İsveç) iletilmiştir. Taşların HU değerleri, kor ve periferde ilgi alanı teknikleri kullanılarak ölçülmüş olup, doğruluk için ölçümler 25× büyütmede gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Taş hastalığına özel odaklanan iki deneyimli endoürolog (Ç.D. ve M.F.Ş.) HU ölçümlerini yapmıştır. Sonuçlar yüksek uyum göstermiş olup, değerlendiriciler arası korelasyon katsayısı 0,89'dur. Taş boyutu ve hacmi Sorokin formülüne göre hesaplanmıştır (hacim = $\pi \times \text{uzunluk} \times \text{genişlik} \times \text{yükseklik} \times 0.167$)⁷. HU değerleri elde edildikten sonra, taş kompozisyonu bu radyoopaklık ölçümleriyle korelasyon açısından analiz edilmiştir.

Cerrahi işlemler sırasında toplanan taş örnekleri, kurumsal laboratuvarında spektrofotometrik olarak analiz edilmiştir. Taşlar, baskın kompozisyona göre kalsiyum oksalat (CaOx) (monohidrat veya dihidrat), kalsiyum fosfat, ürik asit (ÜA), struvit, sistin veya karışık olarak kategorize edilmiştir. HU ölçümlerinin spektrofotometrik bulgularla karşılaştırılması, tahmin doğruluğunu değerlendirmek için yapılmıştır. Hasta



Şekil 1. HU değerinin ölçümünün gösterimi A) Taşın merkezinden B) taşın çevresinden

HU: Hounsfield ünitesi, SS: Standart sapma

demografikleri, klinik özellikleri ve taş parametreleri [(HU değerleri, HU yoğunluk (HUD) boyutu, hacim ve kompozisyon)] kaydedilmiştir.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler, Macintosh için SPSS 23.0 (IBM, New York, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sayısal veriler ortalama ve standart sapma olarak sunulmuş, kategorik veriler sayı ve yüzde olarak rapor edilmiştir. Hasta gruplarını karşılaştırmak için ki-kare ve Mann-Whitney U testleri kullanılmıştır. Parametrik olmayan veriler için Spearman korelasyon testi uygulanmıştır.

BULGULAR

Toplam 571 hastanın taş analizi verileri retrospektif olarak çalışmaya dahil edilmiştir. Hastaların ortalama yaşı $50 \pm 13,9$ yıl (aralık, 13 ila 85 yıl) olup, ortalama taş hacmi $1662,85 \text{ mm}^3$ 'tür. Toplam 388 hasta tek taşlı, 183 hasta çoklu taşlıdır. Taş analizine göre üriner taşlar yedi gruba sınıflandırılmıştır⁸. Gruplar arasında cinsiyet dağılımı açısından anlamlı fark izlenmemiştir. Demografik veriler ve taşla ilgili özellikler Tablo 1 ve 2'de sunulmuştur. CaOx grubunda kor HU, perifer HU ve ortalama HU ortalama değerleri, sistin, ÜA ve CaOx + ÜA gruplarına göre belirgin şekilde yükselmiştir (sırasıyla $p < 0,001$,

$p < 0,001$ ve $p < 0,001$). Ancak, CaOx ile karbonat apatit, bruşit veya karbonat apatit + CaOx + struvit grupları arasında perifer, ortalama ve kor HU değerleri açısından istatistiksel fark yoktur ($p > 0,05$). Ayrıca, HUD, perifer HU, ortalama HU ve kor HU ölçümlerinin sonuçlarıyla uyumludur. Taş boyutu ile kor HU değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki vardır ($r = +0,291$, $p < 0,001$); ancak HUD ile taş hacmi arasında korelasyon gözlenmemiştir ($p > 0,05$). Taş çeşitlerinin sınıflandırılması ve HU değerleri Tablo 3'te detaylandırılmıştır. ROC analizlerimizde taş tipini tahmin etmek için istatistiksel olarak anlamlı HU ile ilişkili bir eşik değeri belirlenmemiştir.

TARTIŞMA

Üriner sistem taşları saf tek bileşenli veya birden fazla bileşenli olabilir. En sık gözlenen alt tip, ESWL'ye dirençli olan CaOx grubudur. Benzer şekilde, pediatrik popülasyonda sık gözlenen sistin taşları, intrinsik özelliklerinden dolayı doğal olarak ESWL'ye dirençlidir. Öte yandan, ÜA taşları kemoliz edilebilir. Ayrıca, enfeksiyon taşlarında antibiyotik tedavisi, nüksleri önlemede hayati rol oynar. Böbrek taş tiplerinin tahmin edilmesi, özellikle ÜA, sistin ve enfeksiyonla ilişkili taşlar gibi belirli kompozisyonlar için tedavi stratejilerini kişiselleştirmek ve önleyici tedbirleri uygulamak için kritik öneme sahiptir.

Tablo 1. Taş kompozisyonlarına göre hastaların demografik özellikleri

	Kalsiyum oksalat (n=379)	Ürik asit (n=45)	Karbonat apatit (n=38)	Sistin (n=7)	Kalsiyum oksalat + struvit + karbonat apatit (n=70)	Kalsiyum oksalat + ürik asit (n=26)	Bruşit (n=6)	p-değeri
Yaş (ortalama $\pm$ SS) ^Ω	49,3 $\pm$ 14,6	57,6 $\pm$ 15,2	47,7 $\pm$ 15,5	26,7 $\pm$ 11,3	50,5 $\pm$ 15,0	57,7 $\pm$ 15,8	45,8 $\pm$ 16,3	0,0011
VKİ (kg/m ²) ^Ω	27,4 $\pm$ 3,9	29,4 $\pm$ 3,7	25,2 $\pm$ 5,8	23,1 $\pm$ 2,2	27,4 $\pm$ 3,7	28,6 $\pm$ 3,8	23,5 $\pm$ 4,4	0,0042
Ameliyat öncesi pozitif idrar kültürü ^Ω (%)	9 (%2,4)	0 (%2,2)	3 (%7,9)	0 (%0)	6 (%8,6)	2 (%7,7)	1 (%16,7)	0,0013
Erkek ^Ψ	247 (%65,2)	26 (%57,8)	12 (%31,6)	4 (%57,1)	38 (%54,3)	14 (%53,8)	3 (%50)	0,235
Kadın	132 (%34,8)	19 (%42,2)	26 (%68,4)	3 (%42,9)	32 (%45,7)	12 (%46,2)	3 (%50)	

Ψ: Ki-kare testi ve Ω: Mann-Whitney U testi, SS: Standart sapma, VKİ: Vücut kitle indeksi

Tablo 2. Taşla ilişkili özellikler

	Kalsiyum oksalat (n=379)	Ürik asit (n=45)	Karbonat apatit (n=38)	Sistin (n=7)	Kalsiyum oksalat + Struvit + Karbonat apatit (n=70)	Kalsiyum oksalat + Ürik asit (n=26)	Bruşit (n=6)	p-değeri
Taş hacmi ^Ω mm ³	1324,8 $\pm$ 315,7	3715,4 $\pm$ 521,4	1320,7 $\pm$ 979,8	4689,7 $\pm$ 746,3	933,7 $\pm$ 480,5	4300,3 $\pm$ 898,8	3336,5 $\pm$ 498,3	0,0274
Taş tarafı ^Ψ								0,0016
sağ	146 (%38,5)	20 (%44,4)	19 (%50)	3 (%42,8)	32 (%45,7)	15 (%57,7)	3 (%50)	
sol	186 (%49,1)	23 (%51,1)	16 (%42,1)	2 (%28,6)	30 (%42,9)	9 (%34,6)	3 (%50)	
bilateral	47 (%12,4)	2 (%4,5)	3 (%7,9)	2 (%28,6)	8 (%11,4)	2 (%7,7)	0	

Ψ: Ki-kare testi, Ω: Mann-Whitney U testi

Table 3. Taş Kompozisyonlarına göre ölçülen HU ve HU dansitesinin sunumu

HU değişkeni	Kalsiyum oksalat (n=379)	Ürik asit (n=45)	Karbonat apatit (n=38)	Sistin (n=7)	Kalsiyum oksalat + strüvit + karbonat apatit (n=70)	Kalsiyum oksalat + ürik asit (n=26)	Bruşit (n=6)	p-değeri
Kor HU ^Ω	1073,9±342,3	789,6±318,8	1047,4±335,2	901,3±338,0	1090,3±371,7	846,5±213,3	1103,1±311,2	0,001
Periferik HU	852,4±219,1	615,3±183,1	758,9±218,9	735,3±282,0	978,7±165,5	698,4±193,6	892,7±254,4	0,001
Ortalama HU ^Ω	1006,8±308,6	722,9±279,5	996,5±312,8	812,3±321,0	1023,1±337,2	767,9±252,9	1036,7±259,6	0,001
HU dansitesi ^Ω	96 (47-379)	51 (29-187)	81 (36-332)	69 (31-277)	99 (41-401)	63 (34-366)	87 (51-356)	0,001

^Ω: Mann-Whitney U testi, HU: Hounsfield ünitesi

HU değerlerinden taş kompozisyonunu tahmin etmeye yönelik son makaleler çelişkili sonuçlar vermektedir. Çok sayıda çalışma, taş kompozisyonunun NCCT ölçümlerinden tahmin edilebileceğini göstermiştir⁹⁻¹². Ancak, bazı çalışmalar çelişkili sonuçlar rapor etmekte olup, biri NCCT'nin taş kompozisyonunu doğru belirlemede etkisiz olduğunu bulmuştur¹³. İki son çalışma, ÜA taşlarını kalsiyum oksalat taşlarından ayırmada HU değerlerinin kullanımına odaklanmıştır^{14,15}. Bu çalışmalar, ÜA taşlarının yoğunluğunun kalsiyum oksalat taşlarından daha düşük olduğunu bildirmiştir. Bu iki çalışma ile uyumlu olarak, bulgularımız da tutarlı sonuçlar göstermiştir. Ancak araştırmamızda HU ölçümlerinin (perifer, kor ve yoğunluk) CaOx taşlarını karbonat apatit taşlarından veya sistin taşlarını ÜA taşlarından ayırt etmede başarısız olduğu, istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmediği görülmüştür.

NCCT ölçümlerindeki ilerlemeler, taş kompozisyonunu tahmin etmek için taş kor HU, perifer HU ve HUD gibi ek HU değerlerinin tanımlanmasına yol açmıştır. Son bir çalışma, CaOx taşlarının tipik olarak HD >80 ile ilişkili olduğunu bildirmiştir¹⁴. Benzer şekilde, Torricelli ve ark.¹⁶, CaOx, ÜA ve sistin taşları arasında çekirdek HU, HUD ve perifer HU değerlerinde önemli varyasyonlar gözlemiştir. Ayrıca, çalışma CaOx taşlarının ÜA ve sistin taşlarından etkili bir şekilde ayırt edilebileceğini göstermiş olup, ancak sistin ve ÜA taşları arasında anlamlı ayırım gözlenmemiştir⁴. Çalışmamızda sonuçlar Torricelli ve ark.¹⁶ bildirdiği ile uyumludur. Farklı kalsiyum bazlı taş kompozisyonları arasında perifer HU, kor HU ve HUD değerlerinde anlamlı farklar gözlenmiş olup, ancak bu parametreler ÜA ve sistin taşlarını ayırt etmede yetersiz kalmıştır. Literatürün aksine, ROC analizlerimizde istatistiksel olarak anlamlı HU ile ilişkili bir eşik değeri belirlenmemiştir. Bu, çalışmamızda saf taşların yanı sıra karışık tip taşların dahil edilmesinden kaynaklanabilir.

Çalışmamız öncelikle üriner taş kompozisyonunu tahmin etmede HU değerlerinin rolüne odaklanırken, bu bulguların klinik etkilerini, özellikle floroskopi kullanımı ve cerrahi komplikasyonlar bağlamında dikkate almak önemlidir. HU değeri yalnızca taş kompozisyonu hakkında bilgi vermekle

kalmaz, aynı zamanda intraoperatif yönetim için potansiyel etkilere sahiptir. Daha yüksek HU değerleri genellikle daha sert taşlarla ilişkilidir, bu da daha uzun lazer litotripsi süreleri ve daha yüksek enerji ayarları gerektirebilir, potansiyel olarak daha uzun operatif süreler ve ürotelyuma termal yaralanma riskinin artmasına yol açar. Ayrıca, taş yoğunluğu endoskopik işlemler sırasında floroskopi gerekliliğini etkileyebilir, çünkü daha yoğun taşlar lokalizasyon ve fragmentasyon değerlendirmesi için daha sık görüntüleme gerektirebilir. Gelecekteki çalışmalar, cerrahi planlamayı ve hasta güvenliğini optimize etmek için HU değerleri, radyasyon maruziyeti ve perioperatif komplikasyonlar arasındaki ilişkileri incelemelidir¹⁷.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları vardır, öncelikle retrospektif tasarımıdır. Taş analiz sayısı yalnızca saf taş kompozisyonları dikkate alındığında sınırlı görünse de, karışık tip taşların dahil edilmesiyle örneklem boyutu önemli ölçüde artmıştır. Yine de, çalışmamız değerli içgörüler sağlamak ve ulusal verilere ve gelecekteki yayınlara rehberlik etmek için yeterli sayıda hasta içermektedir.

SONUÇ

NCCT, taş kompozisyonunu tanımlayarak en etkili tedaviyi seçmeye yardımcı olabilir. Kalsiyum bazlı taşlar, sistin ve strüvit taşlarından HU ölçümleri (perifer, kor ve yoğunluk) kullanılarak ayırt edilebilir. Ancak, CaOx taşlarını karbonat apatit taşlarından ve sistin taşlarını ÜA taşlarından daha doğru ayırt etmek için ek teknik değerlendirmeler ve tahmin edici belirteçler gerekmektedir.

Etik

Etik Kurul Onayı: Retrospektif çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay almıştır (protokol numarası: 2023.73.04.09, tarih: 25.04.2023) ve Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Hasta Onayı: Bu, retrospektif bir çalışmadır.

Dipnot

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: Ç.D., C.M.Y., Konsept: Ç.D., M.F.Ş., M.S.K., Dizayn: Ç.D., M.F.Ş., Veri Toplama veya İşleme: Ç.D., M.S.K., Analiz veya Yorumlama: Ç.D., M.F.Ş., C.M.Y., Literatür Arama: Ç.D., O.O., Yazan: Ç.D., M.F.Ş., M.S.K., O.O., C.M.Y.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

KAYNAKLAR

- Altan M, Çitamak B, Bozaci AC, Güneş A, Doğan HS, Haliloğlu M, et al. Predicting the stone composition of children preoperatively by hounsfield unit detection on non-contrast computed tomography. *J Pediatr Urol*. 2017;13:505.e1-6.
- Yazici CM, Gönen KA, Özman O, Cakir H, Basatac C, Akgul HM, et al. Determining the stone free rate of retrograde intrarenal surgery. Which Radiological Technique? RIRSearch Study Group. *Urology*. 2024;187:17-24.
- Güler Y. Non-contrast computed tomography-based factors in predicting ESWL success: a systematic review and meta-analysis. *Prog Urol*. 2023;33:27-47.
- Elbaset MA, Taha DE, Anas M, Abouelkheir RT, Edwan M, Abdullateef M, et al. Optimization of shockwave lithotripsy use for single medium sized hard renal stone with stone density ≥ 1000 HU. A prospective study. *World J Urol*. 2022;40:243-50.
- Hayat Khan J, Malik S, Patujo YH, Haseeb Uddin Siddique S, Moosa M, Khan MT, et al. Prospective comparative evaluation of stone clearance and complications in renal stones measuring 2 to 3.5 centimeters: percutaneous nephrolithotomy (PCNL) versus retrograde intrarenal surgery (RIRS). *Cureus*. 2025;17:e93302.
- Patel SR, Halebian G, Zabbo A, Pareek G. Hounsfield units on computed tomography predict calcium stone subtype composition. *Urologia Internationalis*. 2009;83:175-80.
- Sorokin I, Cardona-Grau DK, Rehfuß A, Birney A, Stavrakis C, Leinwand G, et al. Stone volume is best predictor of operative time required in retrograde intrarenal surgery for renal calculi: implications for surgical planning and quality improvement. *Urolithiasis*. 2016;44:545-50.
- Şahin MF, Yazıcı CM, Özcan R, Doğan Ç, Akgül M. The significance of stone analysis, metabolic evaluation and their effect on metaphylaxis: the results from tekirdağ province. *Namik Kemal Med J*. 2025;13:100-7.
- Macejko A, Okotie OT, Zhao LC, Liu J, Perry K, Nadler RB. Computed tomography-determined stone-free rates for ureteroscopy of upper-tract stones. *J Endourol*. 2009;23:379-82.
- Celik S, Sefik E, Basmacı I, Bozkurt IH, Aydın ME, Yonguc T, et al. A novel method for prediction of stone composition: the average and difference of Hounsfield units and their cut-off values. *Int Urol Nephrol*. 2018;50:1397-405.
- Patel SR, Stanton P, Zelinski N, Borman EJ, Pozniak MA, Nakada SY, et al. Automated renal stone volume measurement by noncontrast computerized tomography is more reproducible than manual linear size measurement. *J Urol*. 2011;186:2275-9.
- Chevreau G, Troccaz J, Conort P, Renard-Penna R, Mallet A, Daudon M, et al. Estimation of urinary stone composition by automated processing of CT images. *Urol Res*. 2009;37:241-5.
- el-Assmy A, Abou-el-Ghar ME, el-Nahas AR, Refaie HF, Sheir KZ. Multidetector computed tomography: role in determination of urinary stones composition and disintegration with extracorporeal shock wave lithotripsy--an in vitro study. *Urology*. 2011;77:286-90.
- Motley G, Dalrymple N, Keesling C, Fischer J, Harmon W. Hounsfield unit density in the determination of urinary stone composition. *Urology*. 2001;58:170-3.
- 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;55:816-9.
- Torricelli FC, Marchini GS, De S, Yamaçake KG, Mazzucchi E, Monga M. Predicting urinary stone composition based on single-energy noncontrast computed tomography: the challenge of cystine. *Urology*. 2014;83:1258-63.
- Çağlayan MS, Ekici M, Aydın C, Baykam MM, Yaytokgil M, Başer A. Comparison of Retrograde Intrarenal Surgery with and Without Fluoroscopy for Renal Stone Treatment. *J Urol Surg*. 2024;11:7-13.