



T.C.

HARRAN ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ÜRİNER SİSTEM TAŞLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE DUAL
ENERJİLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİNİN ROLÜ**

Dr. MESUT ÇETİN

UZMANLIK TEZİ

ŞANLIURFA, 2017



T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ÜRİNER SİSTEM TAŞLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE DUAL
ENERJİLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİNİN ROLÜ**

Dr. MESUT ÇETİN
UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI: Yrd. Doç. Dr. Dilek ŞEN DOKUMACI

ŞANLIURFA, 2017

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimimde her alanda bana destek veren, bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşan, başta çok değerli tez hocam Yrd. Doç. Dr. Dilek ŞEN DOKUMACI ve Anabilim Dalı Başkanı Doç. Dr. Abdurrahim DUSAK olmak üzere, bölümümüz öğretim üyesi Doç. Dr. Saime SHARMATOVA teşekkür ederim. Ayrıca asistanlığım boyunca manevi desteğini esirgemeyen, tüm zorluklarda yanımda duran ve bana güç veren, eğitim sürecimde büyük özverilerde bulunan, varlıklarıyla hayatımı anlamlı kılan annem Şaize ÇETİN ve babam Salih ÇETİN'e, beraber çalışmaktan zevk aldığım asistan arkadaşlarıma ve hastanemizin Radyoloji Bölümünün tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Eylül, 2017

Dr. Mesut ÇETİN

ŞANLIURFA, 2017

İÇİNDEKİLER

İçindekiler

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	iv
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1 Üriner Sistem Embriyolojisi.....	2
2.2 Üriner Sistem Anatomisi.....	3
2.3 Üriner Sistem Taş Hastalığı.....	7
2.3.1 Epidemiyolojisi ve Etiyolojisi.....	8
2.3.2 Üriner Sistem Taş hastalığı Oluşum Mekanizması.....	9
2.3.3 Üriner Sistem Taş Hastalığında Klinik Belirtiler ve Laboratuar.....	10
2.3.4 Üriner Sistem Taş Tipleri.....	11
2.3.5 Üriner Sistem Taş Analizi.....	14
2.3.6 Üriner Sistem Taş Hastalığında Tedavi.....	15
2.4 Üriner Sistem Taş Hastalığı Tanısında Radyolojik Yöntemler.....	19
2.5 Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi.....	22
2.5.1 Tarihçe.....	22
2.5.2 Temel Fizik Prensipleri.....	24
2.6 Dual Enerjili Bilgisayarlı Tomografi.....	29
2.6.1 Temel Prensip ve Fizik Özellikler.....	29
2.6.2 Klinik Uygulamalar.....	31
2.6.3 Sınırlılıklar ve Radyasyon Dozu.....	33
2.6.4 İş İstasyonumuzda Yer Alan Taş Analizi Programları.....	34
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	38
3.1 Çalışma Planı.....	38
3.2 Yöntem.....	38
3.3 Taşların Dual Enerji Bilgisayarlı Tomografi ile İn Vivo Analizi.....	40
3.4 Verilerin İstatiksel Analizi.....	44

4. BULGULAR.....	45
4.1 Analiz ve Ölçümler Sonuçları	46
4.2 DEBT ile Üriner Taş Karakterizasyonunun İstatistiksel Analizi	47
4.3 Olgu Örnekleri:.....	49
5. TARTIŞMA	60
6. SONUÇ	66
7. KAYNAKLAR	67



KISALTMALAR DİZİNİ

BT:	Bilgisayarlı tomografi
ÇKBT:	Çok kesitli bilgisayarlı tomografi
DAS:	Data Acquisition System (Veri toplama sistemi)
DE:	Dual enerji
DEBT:	Dual enerji bilgisayarlı tomografi
DÜSG:	Direkt üriner sistem grafisi
ESWL:	Extracorporeal shock wave lithotripsy
FOV:	Field of view (Görüntü alanı)
GSI:	Gemstone spectral imaging
HU:	Hounsfield units (Hounsfield ünitesi)
IVP:	İntravenöz pyelografi
KeV:	Kiloelektron volt
KOD:	Kalsiyum oksalat dihidrat
KOM:	Kalsiyum oksalat monohidrat
KVp:	Kilovoltage peak (Kilovoltaj piki)
Lt:	Litre
MA:	Milliampere second (Miliamper saniye)
MinIP:	Minimum intensite projeksiyon
MIP:	Maksimum intensite projeksiyon
MPR:	Multiplanar reformasyon
MRG:	Manyetik rezonans görüntüleme
MSv:	Milisievert
Ph:	Power of Hydrogen (Hidrojen gücü)

PNL:	Perkütan nefrolitotripsi
ROI:	Region of interest (İlgilenilen alan)
ÜRS:	Üreterorenoskopi
USG:	Ultrasonografi
ÜSTH:	Üriner sistem taş hastalığı
WL:	Window level (Pencere seviyesi)
WW:	Window width (Pencere genişliği)



ÖZET

Üriner sistem taşlarının biyokimyasal yapısına göre oluşum mekanizmaları ve tedavileri farklılık göstermektedir. Bu nedenle taşın tipini saptayabilmek, koruyucu önlemlerin alınmasında ve tedavi planlanmasında önemli rol oynamaktadır. İn-vitro analiz yöntemleri ile taşın tipi saptanabilmektedir fakat her hastada taşı elde etmek mümkün olmamaktadır. Bilgisayarlı tomografi (BT)'de son yıllarda kullanıma giren dual enerji teknolojisi, üriner sistem taşlarının analizini in- vivo olarak yapmayı mümkün kılmıştır. Bu çalışmamızda üriner sistem taşlarının analizinde dual enerji BT (DEBT) ile çıkan sonuçları ve taş tiplerinin idrar Ph, visseral obezite ile ilişkilerini değerlendirmeyi amaçladık.

Ekim 2016 - Mart 2017 tarihleri arasında kliniğimize ÜSTH öntanısı ile gelen hastalara tek kaynaklı, hızlı kvp değiştirmeli 128 kesitli Revolution GSI (GE Healthcare; Milwaukee, Wisconsin, ABD) BT cihazı kullanılarak 200 olgunun görüntüleri, iş istasyonu(AW Server) üzerinde değerlendirildi. Hastalara işlemden önce bilgi verilerek, aydınlatılmış onam alındı.

İş istasyonu üzerinde taşları etkin atom numarası, HU eğrileri ve materyal baskılma yöntemleriyle analizi yapılarak taşlar kalsiyum oksalat dihidrat, kalsiyum okzalit monohidrat, sistin, ürik asit ve mikst taş şeklinde sınıflandırıldı. Ayrıca iş istasyonu üzerinde hastaların umblikal seviyeden geçen kesitte visseral adipoz doku alanı(VAA) ve subkutanöz adipoz doku alanı(SAA) ölçüldü. Hastaların tetkik çekim tarihinde klinisyenler tarafından istenmiş idrar tetkikinden Ph değeri elde edildi.

Çalışmaya dahil edilen 200 hastanın 124'ü erkek (%62), 76'sı kadın (%38) olup, olguların yaşları 18 ile 85 arasında değişmekteydi (Ortalama yaş: 42.57±19.6). DEBT ile hastaların 70'inde (%35) kalsiyum oksalat dihidrat , 38'inde (%19) kalsiyum okzalit monohidrat, 25'inde (%12.5) sistin, 11'inde (%5.5) ürik asit, 8'inde(%4) struvit, 48'inde(%24) ise mikst taş saptandı. Taş tipleri ile VAA ve idrar Ph arasında yapılan istatistiksel analizde anlamlı ilişki saptanmadı.

Gelişmiş analiz yöntemleri ile birlikte DEBT, üriner taşların analizini yapabilmektedir. Özellikle ürik asit ve sistin taşlarını saptamada DEBT'nin çok üstün

olduğu görülmektedir. Kalsiyum fosfat ve kalsiyum okzalat taşlarını saptamadaki başarısı da yüksektir. Limitasyon olarak, DEBT ile kalsiyum oksalat monohidrat-dihidrat gibi taşların subgruplarını ayırt etmede başarısı düşüktür. Sonuç olarak, DEBT ile in-vivo ortamda taş analizi yapıldığında, DEBT'nin tedavinin kişiselleştirilmesine fayda sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Üriner sistem taş hastalığı; dual enerji, BT, taş analizi, Visseral adipoz doku, Obezite, Ph.



ABSTRACT

THE ROLE OF DUAL ENERGY COMPUTERIZED TOMOGRAPHY IN EVALUATION OF URINARY SYSTEM STONE

The formation mechanisms and treatments of urinary system stones differ according to biochemical structure. For this reason, determining the type of stone plays an important role in taking preventive measures and planning treatment. Stone type can be determined by in vitro analysis methods but it is not possible to obtain stone in each patient. Dual energy technology, which has been used in computerized tomography (CT) in recent years, has made it possible to analyze the urinary system stones in vivo. In this study, we aimed to evaluate the results of dual energy CT (DEBT) in the analysis of urinary system stones and the relation between stone types and urinary pH, visceral obesity.

DECT examinations were performed between October 2016 to March 2017, on 200 patients with urinary stone disease, using with fast K_vP interchangeable 128-section Revolution GSI (GE Healthcare; Milwaukee, Wisconsin, USA). Information was given prior to the illness procedure, and an informed consent was obtained.

The stones were classified as calcium oxalate dihydrate, calcium oxalate monohydrate, cystine, uric acid, struvite and mixed stone by analyzing the stones on the workstation with effective atomic number, HU curves and material decomposition methods. In addition, the patient's visceral adipose tissue area (VAA) and subcutaneous adipose tissue area (SAA) were measured at umbilical level on the workstation. Ph values were obtained from the urinalysis requested by the clinicians at the time of examination of the patients.

Of the 200 patients included in the study, 124 were males (62%) and 76 were females (38%) and the ages ranged from 18 to 85 years (mean age: 42.57 ± 19.6). In all patients, 70 (35%) calcium oxalate dihydrate, 38 (19%) calcium oxalate monohydrate, 25 (12.5%) cystine, 11 (5.5%) uric acid, 8 (4%) struvite and 48

(24%) mixed stones were detected with DECT. There was no statistically significant correlation between stone types and VAA and urine pH.

DECT with advanced analysis methods, analysis of urinary stones. It is seen that dual energy computerized tomography is especially superior in detecting uric acid and cystine stones. Also, success in detecting calcium phosphate and calcium oxalate stones is high. As a limitation, the success of dual energy computerized tomography to distinguish subgroups of stones such as calcium oxalate monohydrate-dihydrate is low. In conclusion, dual-energy computed tomography will contribute greatly to the personalization and optimization of treatment with dual-energy computed tomography when stone analysis is performed in-vivo.

Key words: Urinary system stone disease; dual-energy CT, Stone analysis, Visceral adipose tissue, Obesity, Ph.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Üriner sistem taş hastalığı toplumda oldukça sık görülen ve acil servise sık başvuru nedenlerinden birisidir. Endüstriyel toplumlarda %4-20 oranında görülmektedir (117,118). ÜSTH'lığı olan hastalarda öykü, fizik muayene ve laboratuvar tetkikleri tanıda yardımcı olmakla beraber; kesin tanı için IVP, USG ve bilgisayarlı tomografi kullanılmaktadır. Üriner sistem taşları idrardaki mineral ve asit tuzlarının kristalize olması ile oluşur. Ailede taş hastalığı olması, üriner sistem enfeksiyonları, toplayıcı sistemdeki darlıklar, bazı metabolik hastalıklar, bazı sindirim sistemi hastalıkları ve ilaçlar üriner sistem taşlarının oluşması ile ilişkilidir. Türkiye'de taş insidansı %14,8'dir, bölgelere göre en sık prevalans güneydoğu anadolu bölgesindedir(13,14).

Üriner sistem taşlarının kimyasal yapılarına göre çeşitli tipleri bulunmaktadır. Bunlardan en sık görülenler, kalsiyum oksalat (monohidrat, dihidrat), kalsiyum fosfat (hidroksiapatit, bruşit), ürik asit, sistin ve strüvit taşlarıdır. Bunlardan başka daha nadir olarak görülen çok çeşitli taşlar mevcuttur. Ayrıca bu maddelerin karışımı şeklinde olan miks yapıda taşlar da görülmektedir.

Üriner sistemdeki taşların kimyasal yapısına göre oluşum mekanizmaları ve tedavileri farklılık göstermektedir. Bu nedenle üriner sistemdeki taşların tipini saptayabilmek, tedavi planlanmasında kilit bir rol oynamaktadır. Üriner sistem taşlarının bileşiminin analizinde in-vitro analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Fakat in- vitro analiz yapabilmek için operasyon ile ya da hastanın taşı düşürmesi sonucunda taşın elde edilmesi gereklidir. Bu ise üriner sistem taşı olan hastaların çok azında mümkün olabilmektedir. Bazı hastalarda, idrarda mikroskopik olarak saptanan bazı kristaller de taşın tipi ile ilgili bilgi vermekle birlikte duyarlılığı düşüktür ve çoğu zaman tahminden öteye geçememektedir. Ayrıca bu kristaller, taşı olan her hastada saptanamamaktadır.

BT, son yıllarda hızla gelişen, üriner sistem taşlarının saptanmasında hızlı ve doğru sonuç veren ve kullanımı giderek artan kesitsel bir görüntüleme yöntemidir. Üriner taşların saptanmasında kontrast madde verilmesine gerek duyulmaması da bir avantajdır. Çok kesitli bilgisayarlı tomografi (ÇKBT) günümüzde BT teknolojisinin ulaşılmış olduğu önemli bir nokta olup, cihazlar çok sayıda detektör sırasından oluşturulmuştur. Bu şekilde gantrinin tek bir dönüşünde geniş bir alan taranabilmekte ve çekim saniyeler içerisinde tamamlanabilmektedir. Bu sayede alınan radyasyon

dozları da 1 milisievert (mSv)'in altına kadar inerek inanılmaz bir şekilde azaltılmıştır. Buna ek olarak son yıllarda kullanıma giren bir BT teknolojisi olan Dual enerji bilgisayarlı tomografi (DEBT) ile, aynı anatomik bölgenin farklı kilovoltaj piki (kVp) değerlerindeki (genellikle 80 ve 140 kVp) X-ışınları ile iki ayrı veri seti elde edilmektedir. Bu prensip ile farklı atom veya moleküllerin iki veri setindeki X ışınına soğurma değerleri karşılaştırılarak, atom veya moleküllerin hangi element veya bileşiğe ait olduğu saptanabilmektedir. Bu sayede DEBT yöntemi ile üriner sistem taşlarının kimyasal bileşiminin analizinin yapılması in vivo olarak mümkün olmaktadır. Yani DEBT ile üriner sistem taşının varlığının, yerleşim yerinin, eşlik eden bulguların yanı sıra; taşın kimyasal yapısına göre tipini söylemek de mümkün olmaktadır. Bu da söz konusu taşın oluşum mekanizmasının araştırılmasında kolaylık sağladığı gibi, tedavisini de direkt olarak yönlendirebilmektedir.

Çalışmamızın amacı, ÜSTH olan hastalarda, DEBT incelemesi ile üriner taşların tip analizini yapmak güncel sonuçlarla karşılaştırarak DEBT'nin tanısal değerini ortaya koymaktır. Ayrıca hastaların idrar pH değeri ve visseral obezitenin taş tipleri arasında ilişkiyi ortaya çıkartmayı amaçladık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Üriner Sistem Embriyolojisi

Embriyolojik ve anatomik olarak birbiriyle yakın ilişkide olan üriner ve genital sistemler intermediyer mezodermden gelişir. Başlangıçta her iki sistem kloakaya açılır. İntrauterin dönemde 3 farklı böbrek gelişim evresi olup bunlar birbirini takip etmektedir(1-3).

Pronefroz evresi; gebeliğin üçüncü haftasını sonunda sefalik pozisyondaki böbrekler fonksiyon göstermemektedir. Nefrojenik kord epitelyal transformasyonla tübüllere dönüşmektedir. Daha sonra pronefroz evresi gerileyip yerini mezonefroz evresine bırakır. Özetle pronefroz evresi rudimenter kalıp işlevsizdir.

Mezonefroz evresi; pronefroz evresine göre daha kaudalde olan böbrekler gebeliğin beşinci haftasının başından başlayıp sekizinci haftaya kadar sürer. Geçici bir sistem oluşturup primitive glomerülleri oluşturmaktadır. Tübüller kalın duvarlı olup idrar atımı yapabilmektedir. Tübüller her iki taraftan medialde yerleşmiş bulunan ve

mezonefrik ya da Wolfian duktuslar denilen yapıları drene etmektedir. Daha sonra bu evre gerileyip yerini metanefroz evresine bırakır. Bununla birlikte erkekte önemli yapıları geliştirir (vas deferens, seminal veziküller ve ejakülatör duktuslar) (1-5).

Metanefroz evresi; bu evrede kalıcı böbrekler oluşur. İlk olarak beşinci haftada belirir ve metanefrik divertikül (üreter tomurcuğu) oluşur. Üreter tomurcuğundan üreter, renal pelvisler, major ve minor kaliksler, toplayıcı tübüller gelişir. Metanefrik mezodermden ise nefronlar oluşur. Onuncu haftada böbreklerin glomerüllerinin farklılaşmasıyla idrar üretmeye başlar. Böbrekler gelişimin başlangıcında ana iliak arterden beslenirken ilerleyen evrelerde abdominal arterden beslenir.

2.2 Üriner Sistem Anatomisi

Böbrekler

Böbrekler retroperitoneal yerleşimli olup vertebral kolonun her iki yanında torakal on iki ve lumbal 1-3 vertebralar düzeyindedir. Böbrekler 11-12 cm uzunluğunda, 5-6 cm genişliğinde ve ortalama 3 cm kalınlığında fasülye şeklinde solid organlardır. Ağırlığı erişkin erkeklerde 125-170 gr, kadınlarda 115-155 gr kadar olup, erkek böbrekleri kadın böbreklerinden biraz daha büyük ve ağırdır. Hilumları anteromedial yöndedir ve orta hattan 4-5 cm uzaktadırlar. Üst kutupları orta hatta daha yakındır. Alt kutupları daha anterior yerleşimlidir. Sağ böbrek karaciğer nedeniyle sol böbreğe göre yaklaşık 2cm daha aşağıda yerleşim gösterir. Böbrekleri yerinde tutan en önemli oluşumlar vasküler yapılar ve fascia renalistir. Böbrekleri içten dışa doğru fibröz kapsül, adipoz kapsül ve Gerota kapsülü (Gerota fasyası) adı verilen yapılar çevreler. Böbrek yüzeyi ince bir fibröz kapsülle çevrilidir. Bu kapsülün dışında perirenal yağ dokusu olarak adlandırılan oldukça kalın adipoz kapsül bulunur. (6-7)

Böbrekler fonksiyon bakımından farklı iki bölümden oluşur. Dış kısmına renal korteks, iç kısmına ise renal medulla denilir. Orta kısımda bulunan böbrek şeklindeki boşluğa da renal sinüs denilir. Renal parankim korteks ve medulla olarak ikiye ayrılır.

Renal medulla birbiri ile devamlılığı bulunmayan ve renal piramid olarak adlandırılan 8-10 adet koni şeklinde segmentlerden meydana gelir. Piramidlerin tabanı kortekse bakar. Tepeleri papilla adını alır ve her biri minör kaliksler ile çevrelenerek renal sinüse açılır. Renal korteks piramidleri periferde sararak interpiramidal alanda

renal sinüse ulaşırlar. Renal korteksin bu interpiramidal kısmına Bertini kolonları denir ve renal vasküler yapıların renal parankime giriş ve çıkışları bu alanda gerçekleşir.

Böbreğin damarları, renal arterler her iki L1-L2 düzeyinde dik açı ile aortadan ayrılır. Renal arterler renal hilusa gelince böbrek segmenti sayısınca dala ayrılırlar. Segmental arterler renal sinüste tekrar dallarına ayrılarak minör renal kalikslerin çevresinde renal kolonlara girerler.

Böbrek lobları arasında uzanan bu dallara interlobar arter denilir. İnterlobar arterler kortikal ve medullar cevher hizasında yan tarafa kıvrılarak iki cevher arasında bir kavis şeklinde uzanırlar. Arkuat arter denilen bu arterler, birbirleriyle anastomoz yapmazlar. Arkuat arterlerden dik olarak çıkan ince dallara interlobular arter adı verilir. İnterlobular arterlerden yan taraflara uzanan ince dallara afferent glomerular arterioller denilir. Bunlar efferent glomerular arteriol olarak devam eder. Bu da interlobular vane açılır. İnterlobular venler de arterleri takip ederek sırasıyla arkuat, interlobar, segmental ve sonuçta renal ven olarak inferior vena kavaya açılır(7-9).

Üreter, Mesane ve Üretra Anatomisi

Böbrek toplayıcı sistemi böbrek tarafından süzülen idrarı mesaneye bağlayan tübüler sistemdir. Yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla minör renal kaliks, major renal kaliks, renal pelvis ve üreterden oluşur. Bunlardan sadece üreter böbreğin dışında olup, diğerleri renal sinüs içinde bulunur. Oluşan idrar, renal papillalar üzerindeki deliklerden difüzyonla idrar yollarının başlangıcı olan minör renal kalikslere akar. Minör renal kalikslerin birkaçı birleşerek major renal kaliksleri oluşturur. Bunlar da renal pelvise açılır. Renal pelvis, birinci lumbal omurun spinal çıkıntısı hizasında üreter ile birleşir.

Üreter yaklaşık 22-30 cm uzunluğundadır. Ancak, sağ böbrek biraz aşağı yerleşimli olduğundan, sağ üreter sol üreterden 1 cm kadar daha kısadır. Psoas major kasının önünde retroperitoneal olarak hafif mediale doğru uzanarak pelvis boşluğuna girer. Burada mesanenin fundus kısmına açılır.

Üreterin abdominal ve pelvik olmak üzere iki parçası vardır. Abdominal parça renal pelvis ile terminal linea arasında uzanır. Mesane duvarında ise yaklaşık 2 cm oblik seyrederek iç yüzdeki vezikal trigonun dış köşesinde yerleşen üreter orifisi aracılığı ile mesaneye açılır. Bazı kaynaklarda mesane duvarı içinde uzanan üreter

bölümüne, intramural bölüm denilir. Bu bölüm mesane duvarında oblik olarak uzandığından, mesane doldukça ön ve arka duvarları birbirine yaklaşarak bir kapak vazifesi görürler.

Üreter normal olarak üç bölgede darlık gösterir. Bunlardan birincisi renal pelvis ile birleştiği başlangıç bölümü olup yaklaşık 2 mm uzunluğundadır. İkincisi terminal lineada iliak damarların çaprazladığı yerde bulunur, yaklaşık 4 mm kadardır. Üçüncüsü en dar yeri olan mesaneye giriş bölgesidir.

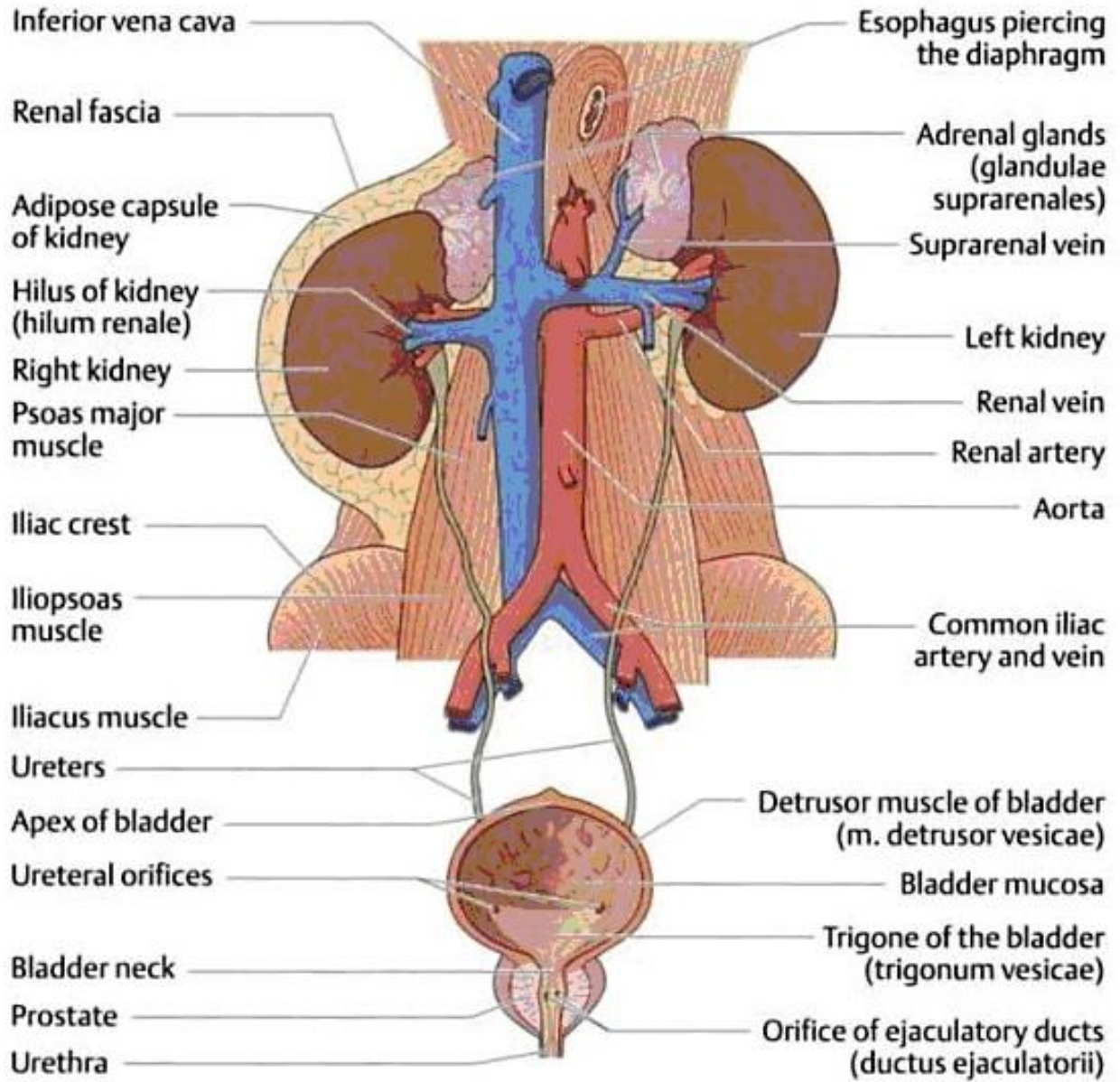
Mesane böbreğin süzdüğü idrarı toplayıp biriktiren ve dışarıya atılmasını sağlayan kas ve zarlardan yapılmış bir kesedir. Mesanenin iç yüzü çok katlı değişken epitel hücrelerinden oluşan mukoza ile kaplıdır. Mesane mukozası, kas tabakasına gevşek olarak bağlanmıştır. Mesane boş iken, mukoza tabakasında plikalar bulunur. Bu plikalar mesane dolunca duvarının genişlemesiyle kaybolurlar.

Mesanenin şekli ve pozisyonu, idrar miktarı ve rektum gibi komşu organların doluluk oranlarına göre değişir. Boş mesane, pelvis ve karın iç organlarının yukarıdan yaptıkları baskı sonucu aşağı ve öne doğru itilerek simfisis pubisin arkasında bulunur. Dolduğu zaman ise üst bölümü karın boşluğuna uzanıp peritonu da beraber kaldırır. Dolu mesane yaklaşık 300-500 cc sıvı ile normal doluluk durumuna gelerek oval bir şekil alır.

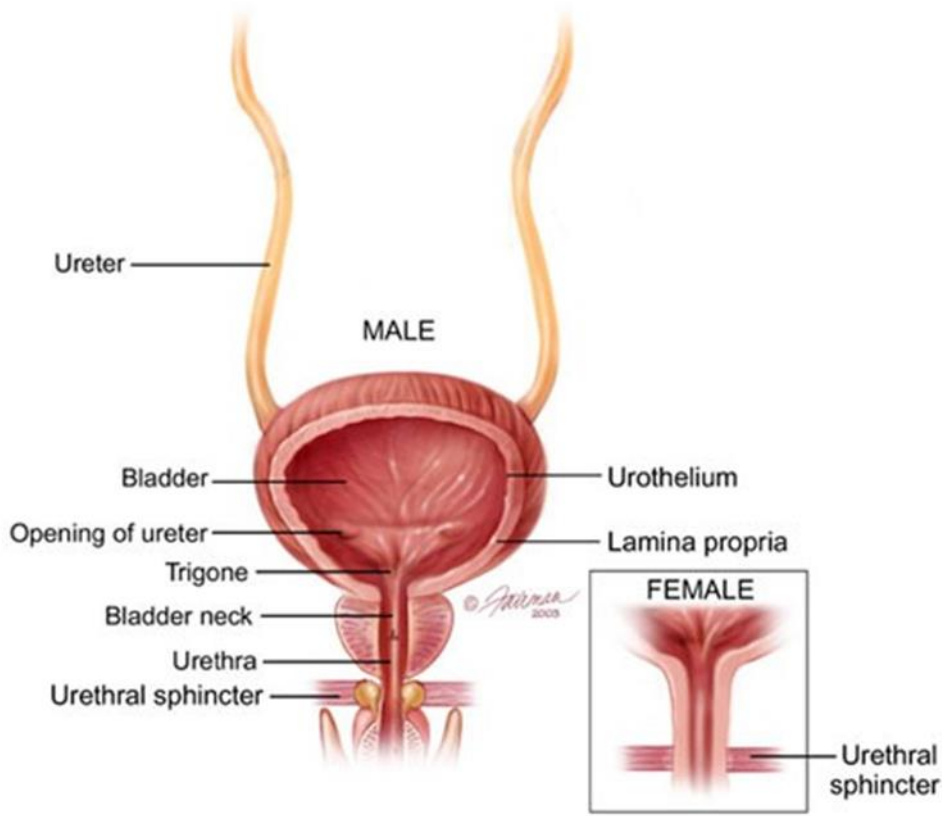
Alt üriner sistemde meydana gelen kronik bir obstrüksiyon, obstrüktif patolojinin şiddetine ve süresine bağlı olarak mesanede trabekülasyon, duvar kalınlığında artış gibi yapısal değişikliklere neden olur.

Kadınlarda mesane arka tarafında uterus ve vaginanın üst bölümü bulunur. Uterus ile aralarında oluşan vesicouterin excavatio denilen periton çıkması anüsten yaklaşık 5 cm yukarıda bulunur. Mesane boşaldığı zaman uterus mesanenin üst yüzüne oturur.

Erkek üretrası, mesane boynundaki internal orifisten penisteki eksternal orifise dek uzanan, üriner ve genital sistem için kanal görevi yapan bir yapıdır. 18-20 cm uzunlukta olup prostatik, membranöz ve penil olmak üzere 3 kısımdan oluşur. Kadın üretrası ise 4 cm uzunluğunda olup vaginanın hemen ön tarafında mesane ile vestibül arasında uzanır (8).



Şekil 2.1. Üriner Sistem Anatomisi (6)



Şekil 2.2. Üreterler, mesane ve üretranın yapısı(10)

2.3 Üriner Sistem Taş Hastalığı

Üriner sistem taş hastalığı, üriner infeksiyonlar ve prostat hastalıklarından sonra üçüncü en sık tanı konulan ürolojik hastalık olup % 12'lik insidansı bulunmaktadır (11-12). Ülkemizde prevalansı yaklaşık % 14,8 olup Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde sık görülmektedir (13,14). Milattan önce 7000 yılından beri görüldüğü bilinen taş hastalığının tarihi bu kadar eski olmasına rağmen etiyoloji ve patogenezi hala tam olarak bilinmiyor. Tedavideki gelişmelere rağmen taş hastalığı prevalansı ve nüüsü artmaktadır (15). Erkeklerde kadınlara göre 3 kat daha fazla görülmektedir. Genellikle 30-50 yaşlarında görülmektedir (16).

2.3.1 Epidemiyolojisi ve Etiyolojisi

Üriner sistem taş hastalığının sıklığı dünyanın değişik bölgelerinde farklılıklar gösterir. Taşların yerleşim yerleri ve kimyasal içerikleri de değişkenlik göstermektedir. Kuzey Amerika ve Avrupa'da mevcut taşların %70-80 kadarı saf kalsiyum oksalat- kalsiyum fosfat karışımı şeklinde olup, saf kalsiyum fosfat taşları daha az sıklıkta görülmektedir. Enfeksiyon taşları sıklığı tüm taşlar arasında %10-15'tir. Patogenezinde daima üreyi parçalayan ajanlar ile gelişen üriner sistem enfeksiyonları yerlamaktadır.

Özellikle kalsiyum taş hastalığı 3. ve 5. dekatlar arasında sık olup, erkeklerde 3 kat daha fazla görülürken, enfeksiyon taşları kadınlarda, ürik asit taşları yaşlı popülasyonda ve erkeklerde daha sık görülmektedir. Üriner sistem taş hastalığının görülme sıklığı farklı toplumlarda değişmekle birlikte genellikle %10-15 arasında olup tekrarlama oranları da oldukça yüksektir (17,18). Taş oluşumu etiyojisinde yaşam tarzı kaynaklı ve önlenemez nedenlerle birlikte yaş, cinsiyet ve genetik gibi değiştirilemeyen faktörler de önemlidir. Yapılan çalışmalarda proteinden zengin diyet ile taş hastalığı arasında yakın bir ilişkinin olduğu gösterilmiştir (19-27). Ayrıca coğrafya, beslenme alışkanlığı, ırk, mevsimsel durum ve mesleğin de rol oynadığı düşünülmektedir (19-27). Taş hastalığının oluşumunda diyetin yanında alınan sıvı miktarı da önemli yer tutar. Taş oluşumunu önlemek ve mevcut olan küçük taşların atılımını kolaylaştırmak için yeteri kadar sıvı alımı önemlidir. Günlük 2.5-3 litre sıvı tüketimine dikkat edilmeli ve idrara çıkma sıklığı yeterince düzenli olmalıdır (22).

İdiyopatik kalsiyum taşı hastalığında genetik geçişin önemli rolü olduğu bildirilmektedir. Diğer yandan primer hiperoksalüri, Lesch-Nyhan Sendromu gibi kalıtsal geçiş gösteren bazı metabolik bozukluklardan kaynaklanan risk faktörleri nedeniyle bu hastalıkların sekonder taş hastalığına yol açtıkları bildirilmiştir (26,28,29).

2.3.2 Üriner Sistem Taş hastalığı Oluşum Mekanizması

Metabolik ,anatomik anormallikler ve enfeksiyonun tek başlarına ya da birlikte rol oynayarak taş oluşumunda yer alır. Majör faktörler süpersatürasyon, kristalizasyon, promotörler ve inhibitörler olarak ele alınabilir (30).

Üriner sistem taşlarının oluşumunda esas etken idrardaki kristallerin çökmesidir. Kristallerin çökmesi için de idrarın süpersatüre olması gerekir. Bir solüsyona bir miktar partikül eklendiğinde belli bir yoğunluğa kadar çözünme olur. Bu noktadan sonra eklenen her partikül doygunluk noktasını aştığından çözünmez ve kristalleşir. Kompleks bir solüsyon olarak idrar promotör ve inhibitör maddeler içerir. İdrarda kalsiyum, oksalat, ürik asid ve sistin gibi promotör moleküller süpersatüre olduğunda taş oluşumuna neden olurlar. Bunun yanında kristalizasyon inhibitörleri olarak bilinen sitrat, magnezyum, pirofosfat, makromolekül ve glikozaminoglikanların seviyelerinde düşmeler taş oluşumuna yol açabilir. Ayrıca idrar ph'nın azalmasıda taş oluşturur. Anatomik anormallikler idrar akımında azalmaya bağlı olarak idrar stazına ve taş yapıcı moleküllerin konsantrasyonunda artmaya neden olur (30,31).

Taşın oluşabilmesi için kristallerin böbreğin epitel tabakasına yapışması ve partiküllerin birleşmesine gerekir. Dinamik solüsyon olarak idrar sürekli akım halindedir. Bu nedenle, anatomik darlık yapan durumlarda(üreteropelvik bileşke darlığı, medüller sünger böbrek), idrar akımında azalmaya, idrar stazına ve taş yapıcı moleküllerin yoğunluğunda artmaya neden olur. Enfeksiyonların da idrar matriksini artırarak, kristal oluşumunu hızlandırdığı düşünülmektedir(29).

Kristal oluşumunda çekirdekleşme (nükleasyon), büyüme ve kümeleşme (agregasyon) gibi birden fazla aşama vardır. Taş oluşumunda ilk evre çekirdekleşme olup bu aşamayı proteinli matriks, kristaller, yabancı cisimler ve diğer partiküllü dokuları içeren çeşitli maddeler başlatabilir. Eğer düzenli bir kümeleşme oluşursa taş oluşumunu tetikler. Bir kristal tipi benzer kristalize çatıyı içeren başka bir tipin çekirdekleşmesi için odak oluşturabilir. Bu durum kalsiyum oksalat oluşumunu başlatan ürik asit kristallerinde sık görülür(28,32).

Kristalüri böbrek taşı olmayan kişilerde de görülebilir. Kristal oluşumu çeşitlerine göre birçok farklı evre içerebilir. Kalsiyum oksalat taşı örnek gösterilecekse

bu taşın oluşumu üç evrede gerçekleşir. Birinci evrede oluşan kalsiyum oksalat trihidrat, en hidrate kalsiyum oksalat formu olup idrarda çökebilen ilk formdur ve ikinci evrede genellikle kalsiyum oksalat monohidrat (KOM) formuna dönüşür. Son evrede ise kalsiyum oksalat dihidrat (KOD) oluşur.

Kalsiyum oksalat derişimi idrarda, normal sudaki derişimden çok yüksektir. Taş oluşumunu başlatan faktörler arasında idrar volümünde ve sitrat miktarında azalma ile kalsiyum, oksalat, fosfat ve ürik asit miktarında artış gösterilmektedir. Bu faktörlerin hepsi kalsiyum oksalat doygunluğunu arttırmaktadır(33,34).

2.3.3 Üriner Sistem Taş Hastalığında Klinik Belirtiler ve Laboratuvar

Üriner sistem içerisindeki taş bazen hiçbir klinik belirti vermeden sessiz kalabilirken, taşın boyutu, yerleşim yeri, tıkanıklık derecesi ve üzerine eklenebilen patolojilere bağlı olarak değişik şekil ve derecede klinik belirtilerle de kendini gösterebilir.

ÜSTH'da en sık rastlanan belirti ağrı olup künt veya kolik, akut veya kronik, lokal ya da yansıyan ağrı şeklinde olabilir. Böbrek taşı ,renal pelviste ve kalikslerde kısmi tıkanma yaparsa lomber bölgede, böbrek kapsülünün gerilmesi nedeniyle kolik tarzında olmayan künt ağrı oluşur. Üriner sistemde tam tıkanıklığa yol açan taşlarda ise böbrek toplayıcı sistemi ile üreterin gerilmesi ve hiperperistaltizm nedeniyle kolik tarzında ağrı oluşur(35). Mukozal irritasyon, inflamasyon, ödem gibi lokal olaylar da ağrıya neden olur. Özellikle ödem, serbest sinir uçlarının gerilmesine bağlı olarak kolik tarzında ağrı yapabilir. Ağrı ve semptomlar taşın bulunduğu bölgeye göre değişken olabilir. Proksimal üreter taşlarında aralıklı lomber ağrı görülür. Taşın distalde pelvise doğru inmesiyle ağrı karın bölgesine yayılır. Distal üreter taşlarında ağrı aynı taraf kasık ve genital alana yayılır. Üreterovezikal bileşke taşlarında vezikal irritabilite semptomları görülebilir. Ağrı bulgusu vermeyen taşlar üriner mukozada yapmış oldukları irritasyon nedeni ile çoğu zaman mikroskopik bazen de makroskopik hematüri şeklinde belirti verebilir. Taşın varlığı aynı zamanda üriner sistemde enfeksiyona da zemin hazırlar. Bulantı, kusma, konstipasyon gibi gastrointestinal belirtiler ayırıcı tanıyı güçleştirir(36-38).

İdrar analizinde hematüri, enfeksiyon varsa pyüri de görülür. Taze idrar sedimentinde ürik asid, sistin yada strüvit kristallerinin görülmesi eğer klinik

semptomlar da varsa, aynı cins taş varlığı açısından anlamlı bir bulgu olarak kabul edilebilir. Ancak kalsiyum oksalat ya da fosfat taşı olanlarda aynı tip kristal çoğu kere görülmediği gibi, aksine bu tip taş olmayan kişilerde de zaman zaman rastlanabilir. İdrar ph'ına bakıldığında ürik asid ya da sistin taşı olanlarda 5.5 veya altında, strüvit ve kalsiyum fosfat taşı olanlarda 7 veya üstünde olduğu gözlenmiştir. İdrar analizinde pyüri görülen hastalarda bakteriyolojik analiz endikedir. Ayrıca böbreklerin fonksiyonunu değerlendirebilmek için kanda üre ve kreatinin, ateş varlığında lökosit sayımı ve CRP tayinleri yapılır (31,39).

2.3.4 Üriner Sistem Taş Tipleri

Taş analiz sonuçlarına göre en sık görülen taş kompozisyonları sırasıyla kalsiyum oksalat monohidrat (whewellite), kalsiyum oksalat dihidrat (weddelite), kalsiyum hidrojen fosfat (brusite), kalsiyum fosfat (dahllite), sistin, magnezyum amonyum fosfat (struvit) ve ürik asittir. Başka bileşenlerle birlikte olsun ya da olmasın kalsiyum oksalat içeren taşlar en sık rastlanan taş grubudur. Birçok taşın içinde genellikle küçük oranlarda mukopolisakkarit ve proteinler de bulunur. ABD'de geniş bir seride yapılan üriner sistem taşı analizlerinde kalsiyum oksalat %84, ürik asit %5, kalsiyum ve ürik asit %7, kalsiyum fosfat %4 oranında bulunmuş, strüvit taşlarına ise %1'den daha az oranda rastlandığı bildirilmiştir(22).

Kalsiyum oksalat taşları: En sık görülen taşlardır ve tüm taşların ortalama 1/3'ünü katkısız oksalat taşları ve ortalama 1/3'ünü kalsiyum oksalat ve apatit karışımı taşlar oluşturur. Bu durumda üriner taşların yaklaşık %70'i oksalat taşlarıdır. Kalsiyum oksalat taşları, kalsiyum fosfat ve kalsiyum karbonat taşlarından sonra üçüncü derecede radyopak taşlardır (40).

Kalsiyum oksalat taşlarının oluşumunda genellikle birden fazla risk faktörü etki gösterir. Risk faktörleri idrarda kalsiyum oksalat doygunluğunu artırarak, kristalasyon inhibitör aktivitesini azaltarak veya kristalizasyon promotor aktivitesini yükselterek etkili olurlar.

Metabolik risk faktörleri hiperkalsiüri, hiperoksalüri, hipositratri, hipomagnezüri olarak sayılabilir. Ayrıca makromoleküller, çeşitli mikroorganizmalar ve beslenme şekli taş oluşumunda risk faktörleri olarak rol oynarlar. Kalsiyum oksalat taşları bulunan hastaların % 50'sinde hiperkalsemi ile ilişkisiz hiperkalsiüri (idiopatik hiperkalsiüri) vardır. Bu hastaların büyük kısmında barsaklardan fazla kalsiyum

absorbsiyonu ve idrarla fazla kalsiyum atılımı mevcuttur. Daha az bir kısmında ise kemiklerden aşırı kalsiyum salınması ya da primer olarak böbreklerden kalsiyum atılımı izlenmektedir.

Hiperkalsemi ve hiperkalsiüri kalsiyum oksalat taşları olan hastaların % 10'unda görülür. Hiperparatiroidizm, sarkoidoz, vitamin D entoksikasyonu, Cushing sendromu gibi hastalıklara bağlı olarak ortaya çıkar. Kalsiyum oksalat taşı olan hastaların % 20'sinde hiperürikozüri, % 5'inde hiperokzalüri saptanırken, % 15 20'sinde herhangi bir metabolik bozukluk mevcut değildir. Kalsiyum oksalat taşları CaOMNH (Whewellite) veya CaODH (Weddellite) yapıda olabilmektedir. Weddellite taşlarda, Whewellite yapıda olanlara göre, ESWL ile daha iyi taşsızlık oranları elde edilebilmekte ve intrakorporeal litotripsi teknikleri ile daha kolay parçalanma sağlanabilmektedir. Kalsiyum oksalat taşlarının monohidrat veya dihidrat yapıda oluşmasının nedenleri tam olarak anlaşılamamıştır. Weddellite yapıda taşların hiperkalsiüri ile Whewellite yapıda taşların ise hiperoksalüri ile ilişkili olduğu ve bu taşların görüldüğü hasta gruplarında da farklılıklar olduğu bildirilmiştir (41).

Tekrarlayan taş hastalığı tedavisinde amaç idrar yapısındaki bozuklukları düzelterek risk faktörlerini ortadan kaldırmak, bu sayede yeni taş oluşumunun ve mevcut taşların büyümesini önlemektir (42).

Kalsiyum fosfat taşları: Kalsiyum fosfat dengesindeki bozukluklar, renal tübüler asidoz ve idrar yolu enfeksiyonu kalsiyum fosfat taşlarının en sık nedenleridir. (44). İdrar pH'ına göre iki tip kalsiyum fosfat taşı bulunmaktadır. Brushite (kalsiyum hidrojen fosfat trihidrat) ve karbonat apatit (pentakalsiyum oksalat trifosfat) taşlarıdır. Brushite taşları çok hızlı oluşur ve tekrarlama riski yüksektir (%30-60) (44). Brushite taşlar asidik idrarda, yüksek miktarda kalsiyum ve fosfat varlığında oluşur (45). Karbonat apatit taşları alkali idrarda yüksek kalsiyum ve düşük sitrat konsantrasyonu varlığında gelişir(43,45). Karbonat apatit veya enfeksiyon taşlarının ESWL ile parçalanması kolaydır(44,46). Brushite taşlar ise fosfat taşları içinde en yoğun ve sert olan taşlardır. ESWL ile parçalanması oldukça zordur ve taşsızlık oranı düşüktür (44). Bu sebeplerden ötürü perkütan girişimler uygulanmakta ve bazı olgularda açık cerrahi tercih edilebilmektedir.

Magnezyum amonyum fosfat (MgNH₃PO₄) taşları: (struvit, enfeksiyon) taşları: Bu taşlar magnezyum, amonyum ve fosfat içerirler. Kadınlarda ve çocuklarda daha sık görülür. Bu taşların oluşması için proteus, pseudomonas, klebsiella ve mycoplasma gibi üreyi parçalayan bakterilerle oluşmuş bir enfeksiyon ve idrarın

magnezyum, amonyum, fosfat ve karbonattan doymuş olması gerekir. Ürenin parçalanmasıyla amonyum konsantrasyonu artar ve pH alkalileşir. Bunun sonucunda magnezyum, amonyum, fosfat kristalleri çöker. İdrar pH'sı genellikle 7'nin üzerindedir. Yabancı cisimler, nörojenik mesane de strüvit taşı oluşumunda neden olan diğer faktörlerdir. Strüvit taşları genellikle kalikslerin ve renal pelvisin şeklini alarak geyik boynuzuna (staghorn) benzer şekilde olurlar. Bu taşları antibiyotik tedavisi ile sterilize etmek mümkün değildir. Tedavide üriner enfeksiyonun eradikasyonu, varsa kataterlerin ve yabancı cisimlerin çıkarılması gerekir (47).

Ürik asit taşları: Ürik asit taşları tüm idrar yolu taşlarının %5'inden az olup erkeklerde siktir. Gut hastalığında, miyeloproliferatif hastalıklarda, ülseratif kolitte, Lesch- Nyhan sendromunda ve kemoterapi alanlarda ürik asit taşı insidansı yüksektir. Buna karşın ürik asit taşı olan hastaların çoğunda hiperürisemi saptanmaz. Ürik asit asidik pH'da daha zor çözünür. Bu sebeple asidik idrar, ürik asit taşı oluşumu için esas faktörü teşkil etmektedir. Tedavide taşların cerrahi olarak alınması, günlük sıvı alımının artırılması, idrar pH'sının artırılması ve idrar ürik asit düzeylerini azaltacak ajanlar kullanılır(31,37).

Sistin taşları: Enzim eksikliği nedeniyle sistin atılımı arttığında sistinuri ve taş oluşumu meydana gelir. Anormal intestinal mukozal emilim ve sistin, ornitin, lizin ve arginin dahil dibazik aminoasitlerin renal tübüler emilimine neden olan kalıtsal metabolik defekt sistin taşlarına neden olur. Dört aminoasitten sadece sistin'in idrarda eriyebilirliği zayıftır ve bu nedenle sadece sistin taşı oluşurlar. Primer ve sekonder hiperoksalüri sonucunda da taş oluşumu görülmektedir(37).

Ksantin taşları: Çok seyrek görülen taşlardır. Metabolizma bozukluğu sonucu oluşur. Otozomal resesif olarak geçen ksantin oksidaz enzimi eksikliğinde ksantin taşları oluşur. Tedavisinde idrarın alkalileştirilmesi önerilir (48).

Matriks taşları: Bu taşlarda yer yer dağınık kalsifikasyonlar vardır. Matriks taşları varlığında toplayıcı sistemde kitle görünümüleri bulunur. Bulunduğu yerin biçimini alır(49).

İndinavir taşı: İndinavir gibi proteaz inhibitörleri AIDS tedavisinde etkilidir. Kontrastsız BT'de radyolusen görüntü veren tek taş tipidir. İndinavir taşları kahverengi ve bronz renktedir. İndinavir kullanan AIDS hastalarının %6'sında indinavir taşı geliştiği görülmüştür (48).

2.3.5 Üriner Sistem Taş Analizi

ÜSTH tedavisinde tam kür için (rekürrensleri önlemek için) altta yatan metabolik ve anatomik nedenlerin ortaya konması, ardından da uygun profilaktik tedavinin başlanması için taş analizinin bilinmesi gerekir(51). Üriner sistem taşlarının incelenmesinde birçok farklı method bulunmaktadır: X ışını difraksiyon kristalografisi, infrared spektroskopisi, elektron mikroskopisi, termogravimetri, polarizan mikroskopisi ve kimyasal spot testleri sayılabilir. Taş analizi, üriner sistemin biyokimyasal biyopsisi olarak tanımlanmakta ve özel taş bileşenlerinin tanımlanması bazen spesifik bir metabolik tanıyı işaret edebilmektedir(52). Islak kimyasal analiz tekniği rutin olarak laboratuvarlarda taş analizi için en yaygın kullanılan yöntemdir. Kalitatif ve yarı-kantitatif ıslak kimyasal testlerin çeşitli ticari kitleri bulunmaktadır. Parçalanarak toz haline getirilen ve çeşitli işlemlerden geçirilen taş, bu ticari kitler ile analiz edilir. Bu yöntemde farklı iyonların ve radikallerin varlığı tespit edilebilirken, belirli oranlarda karışım şeklinde olan taşlar ayırt edilemez(50).

Termogravimetri yöntemi 1970'li yıllardan beri böbrek taşı analizi için kullanılmaktadır. Termogravimetri bir oksijen atmosferi içerisinde 1000°C kadar ilerleyen bir sıcaklık artışı esnasında, materyalin ısını ve ağırlık kaybını sürekli olarak kaydeden, canlı, hızlı ve basit bir tekniktir. Bu teknikte, her materyalin spesifik bir tip dönüşümü olmasına dayalı olarak, sıcaklığın başlangıcı ve bitişi arasındaki ağırlık ve entalpi (toplu ısı) değişim paternine ve değişim miktarlarına bakılarak, taş materyalinin hangi tip olduğu belirlenmeye çalışılmaktadır (50,53).

Optik polarize yöntemi: polarize ışık ile taşlarının kristallerinin etkileşimidir. Bu teknikte taş kırılır ve taşın çeşitli noktalarından materyal alınır. Uygun refraktif indeksi olan sıvıdan bir damla kullanarak polarize mikroskop altında değerlendirilir. Taş mineralini tespit etmek için bakılan parametreler, renk, ışığın kırılması ve çift kırılma özellikleridir (54).

Taramalı elektron mikroskopisi üriner taşların morfolojisini araştırma için hassas bir tekniktir. Bu teknik destrüktif olmayan bir yöntemdir ve boyutu 1-5 nm olan taşlar hakkında bile, bileşenlerin spesifik morfolojisini değiştirmeden, ayrıntılı bilgiler ortaya koyabilmektedir. Ayrıca numune yüzeyinin çok yüksek çözünürlüklü görüntülerini alabilmektedir (50,56).

X-Işını Toz Difraksiyonu :Bir yapının içindeki kristal parçaları X ışınlarını kırar ya da belirli oranlarda geçirerek farklı paternlerde yansıtırlar. Bu yöntemde monokromatik X ışınları kullanılarak, taş içindeki kristallerin oluşturduğu birbirinden farklı difraksiyon (kırılım) paternlerine göre böbrek taşının bileşenleri tanımlanır (50).

İnfrared spektroskopisi ilk olarak 1955 yılında kullanılmıştır. Son on yılda ise in-vitro kantitatif taş analizi için popüler ve güvenilir bir yöntem haline gelmiştir. İnfrared spektroskopisi sepsifik, hızlı ve çok yönlü bir yöntemdir. Atomik titreşimleri neden olan infrared radyasyonu kullanır. Bunun sonucunda atomlarda enerji absorpsiyonu oluşur. Son olarak taş örneklerindeki infrared spektrumun absorpsiyon bantlarının görünüşü incelenir (50). Direkt ve indirekt olmak üzere iki tipi vardır. Direkt infrared spektroskopide taş, potasyum bromid ile karıştırılarak disk formunda komprese edilir ve incelenir. Bu yöntemde taş, kimyasal analiz gibi ek destekleyici bir yöntemle daha değerlendirilemez. İndirekt yöntemde ise toplam kırılma foto-akustik algılama ile saptanarak analiz yapılır. Taşta destrüksiyon yapılmaz ve potasyum bromid gibi inaktif materyal kullanılmaz. Test sonunda taş, başka yöntemler için de kullanılabilir (54).

2.3.6 Üriner Sistem Taş Hastalığında Tedavi

Konservatif Tedavi: Üriner sistem taşının boyutu ve yerine göre hasta takip edilebilir. Böbrek yerleşimli ve boyutları 4-5 mm'ye kadar olan taşlar takip edilebilir ve medikal tedaviyle %40-50 oranında kendiliğinden düşebilir. Boyutu 6 mm den büyük taşların spontan düşme olasılığı daha düşüktür. Bu taşlar daha yakın takip edilmeli ve semptomatik destek tedavilerle radyolojik takibe alınmalıdır. Taşın yeri, hastanın sıvı tüketim miktarı ve aktivite düzeyi taşın kendiliğinden düşürülmesinde önemli faktörlerdir. Bu öneriler ışığında taş düşürülemezse diğer tedavi seçeneklerine geçilir. Akut taş epizodunun tedavisinde medikal yaklaşım, taşın giderilmesinden daha çok semptomları gidermek için kullanılır. Taşın giderilmesi için daha çok işlemsel ve ya cerrahi tedaviye gereksinim vardır. Taşın giderilmesi veya düşürülmesi için bazı medikal tedaviler denense de kullanımı ve başarısı net değildir. Tek istisna ürik asit taşı olan hastalarda medikal tedavi ile taşın erimesinin çok başarılı olduğudur. Semptomatik medikal tedavi; hidrasyon, analjezi-antiinflamatuvar-

antispazmotik, gerekirse antiemetik ve laksatif, enfeksiyon varsa antibiotik seçeneklerini barındırır. Hastalara günlük idrar çıkışı en az 2-3 lt/gün olacak şekilde sıvı almaları ve taş analizi yapıldıysa uygun profilaksiye ve diyet programına girmeleri önerilmelidir (56).

Kemoliz: Kemoliz taşın eritilmesine yönelik bir tedavi şeklidir. Ürik asit taşları başta olmak üzere kalsiyum ve sistin taşlarının ESWL ve PNL işlemi sonrasında kalın parçalarını eritmek için kullanılır. Bu tedavi seçeneğinde öncelikli kriter üriner sistemde obstrüksiyon gelişmemiş olmalıdır (57).

Ürik asit taşlarının kemolizi için öncelikle idrar pH'nın artırılması için potasyum sitrat, potasyum bikarbonat ve sodyum bikarbonat kullanılır. Ayrıca idrarda atılan ürik asit düzeyini azaltmak için pürin içeren gıdalar kısıtlanır ve ksantin oksidaz inhibitörü olan allopürinol kullanılır(58).

Sistin taşlarında ise protein kısıtlaması ve yeterli hidrasyon yanında aynı şekilde idrar alkalinizasyonu ve sistin bağlayıcı ajanlarla(D-penisilamin, N- asetilsistein ve alfa merkaptopropiyonilglisin) kemoliz sağlanmaya çalışılır. Strüvit taşları enfeksiyon kaynaklı taşlar olduğu için uygun antibiyotik tedavisi verilir ve taşın çözündürülmesine yönelik idrarın asidifikasyonu sağlanır (57,58).

Çözündürücü ajanların etkinliği taşın yüzey alanına, tipine, yıkama sıvısının hacmine ve uygulama yöntemine bağlıdır. Kemoliz tedavisi ürik asit taşlarında etkin olup diğer taşların tedavisinde yeterli etkinlik göstermemektedir(57).

ESWL (Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy): ESWL ile üriner sistem taşlarının tedavisi tıptaki en önemli gelişmelerden birisidir. Şok dalgaları kullanılarak üriner sistem taşlarının kırılması fikri ilk olarak 1950 yılında Sovyet mühendis Yutkin tarafından ortaya atılmıştır (59). Taş tedavisinde devrim yaratan ve üroloji pratiğinde geniş yer bulan, dışarıdan taş kırma yöntemi olan ESWL, 1980'lerin ortalarından bu yana kullanılmaktadır. Elektrik akımının ses dalgasına dönüşmesi ve bu dalgaların taş üzerine yaptığı etkiyle taşların parçalanmasıyla sonuçlanan bir tedavi şeklidir(60). ESWL'nin başarısı, taşın boyutuna, odaklanabilirliğine ve üriner sistemdeki yerleşim yerine göre değişmektedir. ESWL'nin klinik uygulamaya girmesinden sonra taşların tedavi endikasyonları büyük ölçüde değişmiş ve bugün taşların %90'dan fazlası ESWL ile tedavi edilebilir hale gelmiştir. Bugün, 2 cm'yi geçmeyen tüm lokalizasyondaki böbrek taşlarının ve proksimal üreterdeki ürik asit taşları hariç her boyuttaki üreter taşlarının tedavisinde öncelikle ESWL

önerilmektedir(61). Konjenital anomalilerde (üreteropelvik bileşke darlığı, atnalı böbrek, kalisiyel divertikül) ESWL'nin başarısı düşüktür. ESWL tedavisinin kesin kontrendikasyonları akut pyelonefrit, üriner sepsis, gebelik, düzeltilmemiş koagülopati, implante kardiyak cihazlar ve kalsifiye vasküler anevrizmalardır(60).

Özellikle sistin taşları başta olmak üzere bazı taş tiplerinin ESWL ile parçalanmaları zordur. Tek bir aminoasit kristalinden oluşan sistin taşları ESWL'ye dirençli sert taşlardır. Ürik asit ve kalsiyum oksalat dihidrat taşları ESWL'ye en fazla yanıt verirken, kalsiyum oksalat monohidrat , kalsiyum fosfat ve strüvit taşları daha dirençlidir. Ayrıca taş sayısı ve çapı arttıkça da ESWL'nin etkinliği azalmaktadır(62).

Üreteroskopik Taş Ekstraksiyonu: Bu teknikte alt idrar yolundan üreterorenoskop adı verilen özel bir aletle içteki idrar yollarına erişilerek içeride yer alan taş direk görüş altında kırılır ve çıkarılır. İşlem tam uyutarak(genel anestezi) veya belden uyuşturma (spinal anestezi) ile yapılır. Taşlar genelde pnömatik, ultrasonik veya lazer taş kırıcılar ile parçalanırlar. Hasta aynı gün evine gönderilebilir.Taştan kurtulma oranları %66-100 arasında değişmekte olup başarı şansı taş yüküne, lokalizasyonuna, retroperitoneal cerrahi girişim öyküsüne ve operatörün deneyimine bağlıdır. Özellikle ESWL'nin yetersiz kaldığı sistin ve kalsiyum oksalat monohidrat taşlarının tedavisinde ve ileride daha sık taş nöksleri olabileceği için çocuk hastalarda endoürolojik yaklaşımlar daha fazla önem kazanmaktadır. Vasküler yapılar seviyesinin inferiorunda yerleşmiş üreter taşları için etkili bir yöntemdir(63).Başarı şansı taş yüküne, lokalizasyonuna, retroperitoneal cerrahi girişim öyküsüne ve operatörün deneyimine bağlıdır. Özellikle ESWL'nin yetersiz kaldığı sistin ve KOM taşlarının tedavisinde ve taş nökslerinin sık görülebildiği çocuk hastalarda üreteroskopik yaklaşımlar önem kazanmaktadır. Üreteroskopik taş ekstraksiyonu yöntemi ile, taş boyutu 15 mm altında olan hastalarda başarı oranı %93 iken, 15 mm'den büyük olan taşlarda başarı oranı %33'e düşmektedir(64).

Perkütan Nefrolitotomi: Böbrek içindeki taş 2 cm den büyük olduğunda veya ESWL ile kırılmadığında uygulanan güncel bir yöntemdir. Genel anestezi altında bel bölgesinde 1 cm'lik kesiden oluşturulan bir yoldan böbreğin içerisine girilerek taşlar bir bütün halinde veya kırılarak aynı yoldan dışarı çıkartılır.

Endoskopik yani kapalı bir ameliyat yöntemi olan perkütan nefrolitotripsi ameliyatında görüntüler endokamera ile bir televizyon ekranına büyütülmüş olarak taşınır. Taşlar genelde pnömatik, ultrasonik veya lazer taş kırıcılar ile parçalanırlar. Ameliyat bitiminde böbrekte birkaç gün süreyle idrarın geçici bir süre için dışarı alınmasını sağlayan bir tüp (nefrostomi tüpü) konulur. PNL uygulamaları hastanede daha kısa kalış süresi, daha düşük tedavi maliyeti ve hastaların günlük hayatlarına daha erken dönebilmelerine olanak sağlaması gibi nedenlerle açık ameliyatlara karşı avantajlı hale gelmiştir (65,66).

PNL için kontrendikasyonlar ise aktif üriner enfeksiyon, kanama diyatezi, anatomik anomaliler, taş yükü, taşın pozisyonu ve renal kitleler olarak sıralanabilir. Komplikasyon olarak; pelvikalisijel yaralanma, kanama, rezidü taş fragmanlarının kalması veya ekstravazasyonu, kolon veya duodenum yaralanması görülebilir (65,67).

Laparoskopi: Laparoskopi genel anestezi altında retroperitoneal ya da transperitoneal yoldan yapılabilir. Bir kamera port aracılığıyla aletlerin yardımıyla böbreğe ulaşarak üreter ve pelvis bulunup yapılan insizyonla taş ya da taşlar çıkarılmaktadır. Günümüzde anterior kaliks divertikülü taşlarında, pelviüreterik darlıkla birlikte olan böbrek taşlarında, at nalı, ektopik veya rotasyone böbreklerdeki büyük taşlarda, kırılması zor taşlarda ve hastanın açık ameliyatı istemediği durumlarda laparoskopi tek başına uygulanabilir diğer bir tedavi seçeneğidir(31)

Açık taş cerrahisi: ESWL'nin ve endoürolojik tedavi yöntemlerinin kullanıma girmesi günümüze açık cerrahi uygulamasında belirgin bir azalma olmuştur. Açık cerrahinin en büyük dezavantajı insizyon morbiditesidir. Bunun yanında hastanede kalış süresinin uzun olması, analjezi kullanım gerekliliği ve daha uzun süre iş gücü kaybı diğer dezavantajlarıdır. En önemli avantajı da diğer yöntemlerle kıyaslandığında daha yüksek oranda taştan arınma sağlamasıdır ile açık cerrahi uygulaması da belirgin bir şekilde azalmıştır(9).

2.4 Üriner Sistem Taş Hastalığı Tanısında Radyolojik Yöntemler

Direkt Üriner Sistem Grafisi, IVP, US ve kontrastsız spiral BT üriner sistem taş hastalığı tanısında kullanılmaktadır. Üriner sistem taşlarının tanısında İVP'nin sensitivitesi %75-85, spesifitesi %90, bilgisayarlı tomografinin sensitivitesi %85-94, spesifitesi %94-98 olarak bildirilmiştir. Bunlara karşın ultrasonografinin sensitivitesi %50-60, spesifitesi ise %75-80 olarak gösterilmektedir (3,9,64).

Direkt Üriner Sistem Grafisi

Renal kolik düşünülen olgularda ilk kullanılan görüntüleme yöntemidir. Grafinin daha doğru sonuç verebilmesi için hastaya bir gün öncesinde barsak temizliği yaptırılır ve ertesi gün hasta aç olacak şekilde sırtüstü yatar pozisyonda film elde edilir. Bu grafide, üstte 11. ve 12. kostalar, altta ise simfizis pubis görülmelidir. Böbrekleri kuşatan perirenal yağ dokusu, DÜSG'de böbrek konturlarının düzgün bir şekilde görülmesini sağlar. DÜSG'de her iki psoas kasının kenarları net görülmelidir. Psoas kas gölgesinin silinmesi inflamatuvar bir olayın varlığını gösterir. En opak taşlar kalsiyum fosfat (apatit) taşlarıdır ve kemik ile benzer dansitededir (68). Struvit taşları, kalsiyum taşlarından daha az opaktır, tabakalı ve pürüzlü bir yapısı vardır. Sistin taşları sülfür içeriklerinden dolayı hafif radyoopaktır. Taş uzmanlarınca değerlendirilen DÜSG ile taş bileşimi %40 oranında saptanabilmektedir (69).

DÜSG'de izlenen her kalsifikasyon taş olmayıp özellikle flebolitler ile karışabilir. Flebolitin merkezindeki radyolüsent bölüm ayırıcı tanıda yararlıdır. Flebolitler dışında özellikle vasküler kalsifikasyonlar, kalsifiye lenf nodları, appendikolitler, kalsifiye kitleler ve radyoopak maddelerde taşı taklit edebilirler. DÜSG'nin avantajları ucuz ve kolay erişilebilir olmasıdır. Dezavantajları arasında hastanın radyasyona maruz kalması sayılabilir (70,71).

İntravenöz Pyelografi

İntravenöz(IV) yolla verilen kontrast maddenin böbreklerde konsantrasyonu ve toplayıcı sisteme atılması temeline dayanan üriner sistemin temel tanı yöntemidir. Günümüzdeki temel endikasyonu hematüri, üriner sistem kalkülleri, ureter fistül ve

darlıkları ve kompleks üriner sistem infeksiyonlarının araştırılmasıdır. Ayrıca böbrek travmasında, jinekolojik ve kolorektal malignensi operasyonlarından önce üreterleri, transplantasyonlarda ise donörün böbreklerini değerlendirmede kullanılır. Tetkikten bir gün önce barsak temizlenmesi sağlanır. İncelemeye yatarak direkt batın grafisi ile başlanır. İntravenöz kontrastlı incelemede düşük ya da yüksek osmolariteli suda eriyen iyotlu kontrast maddeler kullanılır. Enjeksiyondan sonra böbrekleri, üreterleri ve mesaneyi görmek amacıyla genellikle 5, 10 ve 30-60. dakikalarda üç grafi elde edilir. Gerekirse hastaya mesaneye yönelik miksiyon sonrası spot grafi alınır. Obstrüksiyonlarda birer saat ara ile gerekli durumlarda 24 saat sonra grafler alınabilir (72-74).IVP esnasında kullanılan kontrast maddelerin %5-10 oranında alerjik reaksiyon yapabilmesi, sınırda böbrek yetmezliği olan ya da DM olan hastalarda %25 oranında renal yetmezliğe neden olabilmesi, gebelik ve tirotoksikoz IVP'nin kullanımını kısıtlayan faktörlerdir (72-74).

Üriner Sistem Ultrasonografisi

Akut yan ağrısıyla başvuran hastaların değerlendirilmesinde ultrasonografinin hızlı, kolay ulaşılabilen, güvenli ve ucuz bir yöntem olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. İnvaziv olmaması, maliyetinin düşük olması, bugüne kadar insan vücudu üzerinde kanıtlanmış herhangi bir zararlı etkisinin bulunmaması US'nin başlıca avantajlarını oluşturmaktadır. (75).

İnceleme 3,5–5 MHz'lik probalar ile yapılmaktadır. US ayrıca taşın yol açtığı obstrüktif hidronefroz , renal kan akımındaki değişiklikleri, üreterlerin mesaneye giriş yerleri değişiklikleri saptamada kullanılmaktadır. US'de tüm taşlar içeriklerine bakılmaksızın ekojenik yapılar şeklinde izlenirler ve posteriora akustik gölgelenmeleri vardır. Subjektif bir yöntem olarak US taşları saptamadaki başarı oranları değişiklik göstermektedir. Bu alanda en başarılı sonuçları 1988 yılında yaptıkları çalışmalarında Middleton ve arkadaşları göstermişlerdir (76). Distal üreterde yer alan taşlar, mesane dolumu yetersiz olduğunda görülmeyebilir. Bu durumda mesane dolumu sağlamak tanı konulmasını sağlayabilir. Distal üreterde yer alan taşın ödem nedeniyle üreter çıkışı daha hipoekoik ve kalınlaşmış olarak izlenebilir (77). Taşların üreterde yol açtıkları obstrüksiyona bağlı olarak indirekt bulgular oluşur. Hidronefroz bu bulgulardan birisidir ancak üreter taşlarının %30-35'inde bu bulgu izlenir. Distal üreter obstrüksiyonunun bir bulgusu üreterlerin mesaneye giriş

seviyelerinde oluşturdıkları üreter jetlerinin izlenmemesidir. Genellikle mobil, ekojen ve posteriorunda akustik gölgesi bulunan hiperekoik yapılar şeklinde izlenirler. Büyük taşlar mesane duvar kalınlığında artışa sebep olurken yaptıkları enflamasyon nedeniyle mesane duvarına yapışabilirler (78,79).

Üriner sistem taşlarının sonografik olarak saptanamama nedenlerinden bazıları renal sinüs yağı, mezenterik yağ ve barsak tarafından kapatılmaları ya da zayıf posterior akustik gölgeye sahip olmalarıdır. Tespit edilen şüpheli ekojenite ile birlikte ek bir sonografik bulgu taşın varlığına karar vermeyi kolaylaştıracaktır. Renkli doppler US'nin klinikte üriner sistem taşı tanısı için kullanımında "twinkling" artefaktı ilk kez 1996'da Rahmouni ve arkadaşları tarafından tarif edilmiştir. "Twinkling" artefaktı, güçlü refleksiyona neden olan oluşumların posteriorunda, renk modunda hızla değişen kırmızı ve mavi renk karışımı, spektral analizde vertikal çizgilenmeler ve ses modunda yüksek tiz sesler şeklinde izlenen bir renkli Doppler US artefaktıdır. US'de izlenen ekojenitenin taşa ait olup olmadığına karar verilemediği şüpheli durumlarda Renkli Doppler US ile "twinkling" artefaktının izlenmesi büyük ölçüde tanıya yardımcıdır(78,79).

Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi renal kolik tanısında son 15 yıldır yaygın olarak kullanılmaktadır. Kısalan tarama süreleri sayesinde hareket ve solunum artefaktları azaldığından kısa sürede kaliteli görüntüler elde etmek mümkündür. Çekim sırasında hastanın radyasyon maruziyetini azaltmak için düşük dozlu çekim teknikleri kullanılmaktadır.

Kontrastsız spiral BT'nin en önemli avantajı incelemenin kısa sürede yapılabilmesidir. Ayrıca oral veya intravenöz kontrast madde kullanımına gerek yoktur. Böylece hastaların kontrast madde reaksiyonları ile karşılaşma riski ortadan kalkar ve maliyet düşer. En önemli dezavantajı böbrek fonksiyonlarının ve üroteliyal epitelin değerlendirilememesidir. Ayrıca mevcut renal kitlelerin değerlendirilmesi için kontrast madde kullanılması gerekir. Pelviste üreter trasesi boyunca flebolitler de görülebilir. Üreter lümeni içerisindeki taş ile flebolit ayırımını yapmak bazen güç olmaktadır. Kontrastsız spiral BT klinik olarak kesin tanısı konulamamış akut renal kolikli olguların değerlendirilmesinde başarılı bir yöntemdir. Üreterolitiazis varlığında kontrastsız spiral BT taşın lokalizasyonunu kesin olarak gösterir (80,81).

Retrograd pyelografi:

Sistoskopi ile üreterlere sokulan kataterden opak madde verilerek kalikslerin, pelvisin ve üreterlerin doldurulmasıdır. Sistoskopi ve kataterizasyon steril şartlar altında yapılır. Kontrast madde dilüe edilmeli ve fluoroskopik kontrol altında verilmelidir. İVP'nin yapılamadığı multipl myelom, yüksek üre, akut yetmezlik hallerinde ve İVP'de görülemeyen pelvikalisijel sistemin gösterilmesi amacıyla yapılır. Yöntemin enfeksiyon, septisemi, renal papiller nekroz ve ekstrevasiyon gibi komplikasyonları sık görülür(82). İnvaziv ve anestezi gerektirebilen bir işlem olduğundan ancak diğer yöntemlerle tanıya varılamadığında yada üreterlerin kesin anotomik yapıları ortaya çıkarmak istendiğinde başvurulur.

Antegrad pyelografi:

İVP ile iyi gösterilemeyen ve retrograd pyelografinin yapılamadığı özellikle obstrüktif üropatili hastalarda, obstrüksiyonun yerini göstermek amacıyla yapılır. Hasta yüzüstü yatırılır. US ya da floroskopik kontrol altında lomber bölgeden doğrudan iğne ile girilerek, genişlemiş pelvis ve kaliksijel sistem içerisine opak madde verilir. Hasta ayağa kaldırılarak opak maddenin aşağı inmesi sağlandıktan sonra alınan röntgenogramlarla obstrüksiyonun yeri saptanır(82).

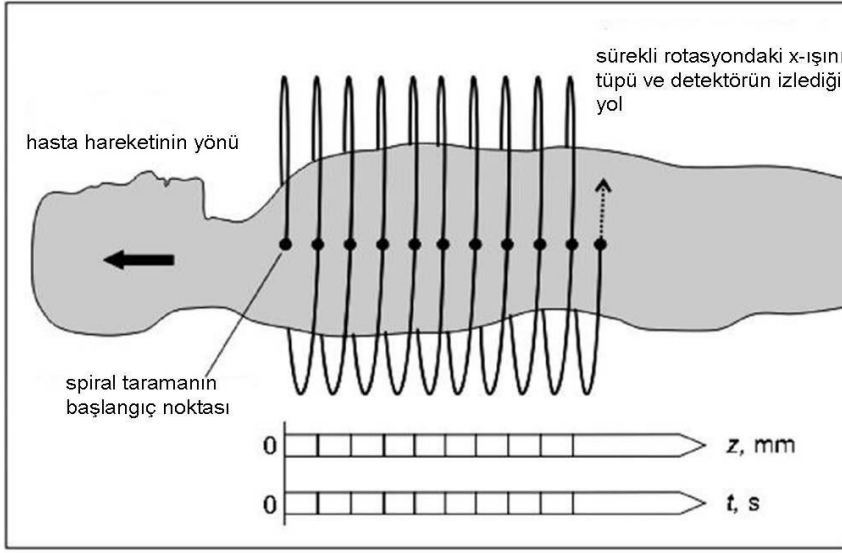
2.5 Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi

Tomografi vücuttan kesit şeklinde görüntü alma işlemini tanımlar. Tomos (kesit) ve Graphy (şekil, resim, görüntü) şeklinde iki eski Yunanca kelimenin birleşiminden oluşur. BT' de kesitsel görüntü bilgisayarlar yardımı ile elde edilir. Bilgisayarlar kendilerine verilen bilgileri işleyen ve bu bilgiler doğrultusunda iş üreten aygıtlardır(83).

2.5.1 Tarihçe

Bilgisayarlı tomografinin ilk matematik prensipleri 1917 yılında Avusturyalı matematikçi Radon tarafından ileri sürülmüştür. BT'nin teorisi Amerikalı fizik profesörü Alan M. Cormak tarafından geliştirilmiştir. İngiliz fizikçi Godfrey N. Hounsfield'in 1972 yılında bu yöntemi tıp alanında kullanması X ışınının keşfinden bu

yana radyolojideki en büyük ilerleme olarak kabul edilmiştir. Godfrey N. Hounsfield ve Alan M. Cormack yaptıkları bu keşifle 1979 yılında "Bilgisayar destekli tomografinin gelişimi" isimli Nobel ödülünü almışlardır. BT teknolojisi geçen zaman içerisinde çok hızlı bir değişim ve gelişim göstermiştir (84). Birinci nesil cihazlarda tek dedektör kullanılmaktaydı. Tüp bir derece dönmekte, veri işlenip ve tekrar bir derece dönüş yapmaktaydı. Bu işlem tüp ve dedektör 180 derece dönene kadar tekrarlanıyordu. Bu 180 derecelik tek bir dönüşün tamamlanması yaklaşık 4,5 dakika almaktaydı. İkinci nesil BT'lerde yelpaze şeklinde bir ışın ve birden fazla sayıda dedektör sistemi bulunmaktadır. Daha hızlı tarama zamanı elde etmenin yanı sıra aynı anatominin birden fazla dedektörce izlenmesi sayesinde ayrıntıda artış sağlanmıştır. Üçüncü nesil BT'lerde kolime edilmiş X-ışını demeti yelpaze şeklindedir ve karşısında ışın demetini gören çok sayıda dedektör kullanılmıştır. Dördüncü nesil cihazlarda gantri boşluğunu 360 derece çevreleyen çok sayıda dedektör kullanılmaktadır. Bu cihazlarda dedektörler sabittir ve hasta çevresinde sadece x ışını tüpü döner. Beşinci nesil cihazlarda tüp ve dedektör hareketi ortadan kaldırılmıştır. Gantri çok büyük bir x-ışını tüpü haline getirilmiştir. Elektron-beam tomografi olarak adlandırılan bu sistem bir süre devreye girdikten sonra multidedektör BT geliştirilmiştir. ÇKBT ilk olarak 1998 yılında klinik kullanıma girmiş olup, literatürde "multislice CT", "multidetector CT" veya "multidetector row CT" gibi isimler ile de anılmaktadır (85). Spiral BT sistemlerinde tüpün olgu etrafında bir dönüşünde tek kesit alınabilirken, ÇKBT'de farklı olarak, bir rotasyonda 4 veya daha fazla sayıda (8, 16, 32, 40, 64, 256, 320) kesit almasına olanak veren z-ekseni (olgunun baş-ayak eksteni) boyunca dizilmiş çok sıralı dedektör sistemi vardır . 1998 yılında 4-kesitli, 2001 yılında 8-kesitli, 2002 yılında 16-kesitli, 2004 yılında 64-kesitli, 2006'da çift tüplü 2x64-kesitli, 2007'de çift tüplü 2x128-kesitli ve 2008'de 320-kesitli BT'ler kullanıma girmiştir (85).



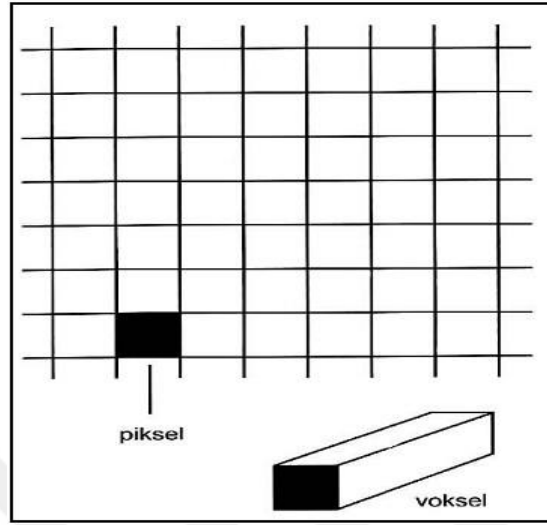
Şekil 2.3. Spiral BT çalışma prensibi

2.5.2 Temel Fizik Prensipleri

BT, X- ışınının kullanıldığı vücudu kesitler halinde tarayan bir görüntüleme yöntemidir. BT aygıtında tarayıcı, bilgisayar ve görüntüleme ünitesi olmak üzere üç bölüm vardır. Tarayıcı hasta masası ve gantriden oluşur. Gantri içerisinde tüp ve dedektör sistemi bulunur. Her kesit alma işleminden sonra masa bir miktar hareket ettirilerek hastanın incelenen bölgesinden ardışık kesitler elde edilebilir. BT kesit alma esasına dayanan bir görüntüleme yöntemi olduğu için istenilen kesit kalınlığına eşit kalınlıkta bir X - ışını demeti yeterli olacaktır. Bu nedenle tüpten çıkan X - ışınları kolime edilerek yelpaze şeklinde bir demet haline getirilir. Hasta vücudundan geçen bu X - ışını demeti karşı taraftaki dedektörler tarafından algılanır. Dedektöre ulaşan X - ışınları hasta vücudundan geçerken dokuların özelliklerine göre değişen oranlarda zayıflamaya uğrar. Dedektörde saptanan bu zayıflama miktarı bilgisayarlarla değerlendirilir. Birçok matematiksel işlem içeren karmaşık bir süreç sonucu, X - ışınlarının taradığı alanın her noktasının X - ışını zayıflatma değeri hesaplanır. Gelen radyasyonun yoğunluğu ile orantılı bir elektrik sinyali ve bu sinyal dijitalize edilerek görüntü oluşturulur (83,86).

BT görüntüsü vücudun bir diliminin, BT numaralarından meydana gelmiş bir haritasıdır. İki boyutlu olan bu resim aslında üç boyutludur. Üçüncü boyutu, dilimin kalınlığı yapar. Röntgenden farklı olarak üçüncü boyut çok incedir ve resmin her tarafında eşittir. Görüntü resim elemanı (piksel) denilen küçük karelerin yan yana

dizilimi ile oluşturulur. Pikselin yüzeyinin, kesit kalınlığı ile çarpımıyla ortaya çıkan hacme hacim elemanı anlamına gelen voksel adı verilir (86).



Şekil 2.4. Piksel ve voksel kavramları (Tuncel 2011).

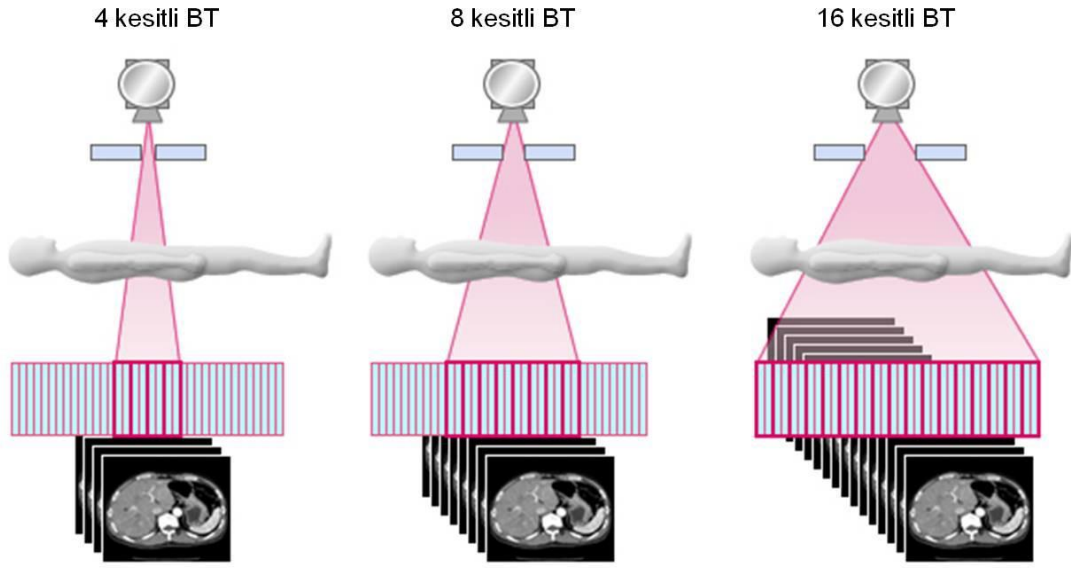
Görüntüleme biriminde harita elemanlarının her birine sahip oldukları rakamsal değerlere bakılarak gri skaladan bir renk kodu verilir. Harita bilgisayar ekranında, harita elemanlarının tek tek gri tonlarda renklendirilmelerinden sonra, siyahtan beyaza dek değişen noktacıklar içeren bir resme dönüştürülür. Bilgisayar ekranında gördüğümüz resim, aslında renkle kodlanmış harita elemanlarından meydana gelen birçok noktacıktan oluşmaktadır. Resmin en küçük elemanı olan bu noktacıklara piksel, resimdeki piksel sayısını belirten, noktacıkların ve çizgilerin birleşiminden oluşan örgüye de matriks (256X256 ya da 512X512 gibi) adı verilir.

Gantry Rotasyon Süresi:Elektron beam tomografi (EBT) cihazları bir saniyenin altında sürede tarama yapabilmeyi başaran ilk BT tarayıcıları olmuştur. Kısa zaman içinde helikal cihazlarda da rotasyon süreleri 1 sn'nin altına indirilmiştir. Gantry rotasyon süresinin kısalması hareket artefaktlarını belirgin olarak azalttığı gibi aynı süre içinde daha geniş anatomik bölgelerin taranabilmesi olanağını sağlamış ve longitudinal (z eksen) çözünürlüğü de arttırmıştır. Tarama zamanındaki kısalma gantriye etkileyen merkezkaç kuvvetinde artış oluşturmaktadır. Tarama zamanının 1 sn'nin altına indirilmesi için gantry çiziminde (design), gantry motorunda, veri ileti düzeninde (data transmission system - DAS) ve X - ışını tüpünde bazı değişikliklerin yapılması gerekmiştir(87). Tarama zamanı kısaldığından birim zamanında ölçülen veri

miktarı artmaktadır. Bu miktardaki verinin iletimi düşük voltajlı slip-ring yönteminden farklı, daha yüksek hacimli ve hızlı veri iletim sistemlerine ihtiyaç doğurmuştur. Tüpün ürettiği X - ışını miktarı tarama zamanının kısalmasından dolayı artması ve dolayısıyla tüpün soğutma yeteneğinin iyileştirilmesini de gerektirmiştir (88).

İnce Kesit Kalınlıkları: ÇKBT cihazları alışılmamış hızları sayesinde, konvansiyonel helikal cihazlardan farklı olarak, klasik kesit taramasından çok, bir anlamda ‘hacim taraması’ yapmaktadır. Yüksek kalitede hacim bilgisi için longitudinal düzlemdeki (Z - eksen) çözünürlüğün yeterli olması gerekmektedir. Z - eksen çözünürlüğünü belirleyen başlıca etken kesit kalınlığıdır. Dedektör teknolojisindeki iyileştirmelerle minimum kesit kalınlığı giderek düşürülmektedir. Böylece ulaşılan izotropik voksel geometrisi sayesinde multiplanar reformasyonlar ve üç boyutlu görüntüleme optimal görsel keskinlikle yapılabilmektedir (88).

Çok Sayıda Dedektör: Dedektör yapısı ÇKBT teknolojisinin temel yapısını oluşturur. Konvansiyonel helikal BT cihazlarında dedektör, tek sıra halinde dizilmiş dedektör elemanlarından oluşan tek boyutlu bir yapıdır. ÇKBT cihazlarında ise dedektör, çok sayıda dedektör sırasından oluşan iki boyutlu bir matriks yapısındadır. Bu şekilde farklı kalınlıkta dedektör elemanları içeren asimetric dedektör dizaynlarının yanı sıra bazı sistemlerde dedektör matriksi simetric yapıdadır. Bu dedektör sıralarının farklı kombinasyonlarının seçilmesi ile değişik kesit kalınlıklarında çok kesitli incelemeler yapılmaktadır . Sistemin minimum kesit kalınlığını belirleyen etken, en küçük dedektör elemanının Z eksenindeki genişliğidir. Bu değer bazı sistemlerde 0.5 mm, bazı sistemlerde 0.625 mm’dir (86)



Şekil 2.5. ÇKBT dedektör sistemlerinde kesit elde etme

Data Acquisition System (Veri Elde Etme Düzeni - DAS): Dedektörlerden gelen veriler, aygıtın yazılımının belirlediği kadar kanaldan Data Acquisition System (DAS) e aktarılır. Dedektörlerden gelen analog veriler dijital verilere dönüştürülür. ÇKBT dedektör sayısının artması, DAS sayısının da artmasına neden olmuştur(86).

Görüntü Rekonstrüksiyonu: Çok noktalı rekonstrüksiyon algoritması ve optimal veri örnekleme dedektör sisteminden başka, ÇKBT cihazlarında, konvansiyonel helikal cihazlardan farklı görüntü rekonstrüksiyon algoritmaları kullanılmaktadır. ÇKBT cihazlarında dedektör iki boyutlu olduğundan tüpten çıkan X- ışını hüzmesi de iki boyutludur, yani koni şeklindedir. Konvansiyonel rekonstrüksiyon yöntemlerinin kullanılması durumunda, koni içinde belli bir açıyla dedektör elemanlarına gelen X - ışınları artefaktlara yol açabilir. Bu artefaktların giderilebilmesi için, ÇKBT cihazlarında, konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılan 180 derece lineer interpolasyon algoritması değil, çok noktalı (multipoint) interpolasyon ile görüntüler rekonstrükte edilmektedir. Bu şekilde konvansiyonel helikal tekniğe göre daha yüksek kalitede görüntü kalitesi elde edilebilmektedir. Multipoint rekonstrüksiyon algoritmasında verilerin örnekleme de optimize edilmiştir. Optimize edilmiş örnekleme adı verilen bu yöntemin amacı longitudinal yönde veri örnekleme miktarını arttırmak, yani daha fazla ölçüm bilgisi elde etmek ve böylece sinyal/gürültü oranını arttırmaktır (86).

Pencereleme: Tipik bir BT görüntüsü 12 bit (4.096 ton) gri ölçek değerine sahiptir. Tarama sonucunda pikselin aldığı BT numarasının karşılığı bu 4.096 tondan biridir. Sistemimizin Hounsfield (HU) ölçeği -1.000 ile +3.095 ise her HU değeri bir gri tona karşılık gelir. Normalde 20 gri tonu ayırt edebilen insan gözünün bu yüksek yoğunluk farkı gösteren görüntüleri istenilen ayarda algılayabilmesi için piksellerdeki rakamsal değerler üzerinde yapılan ayarlamalar ile görüntü üzerinde yoğunluk farklılıkları istenilen biçimde ortaya konabilmektedir. Bu ayarlamalar pencereleme olarak adlandırılır. Pencerelemede, pencerelemenin merkezi pencere seviyesini (WL: window level) gösterirken, Hounsfield skalasında pencereleme yapılan aralık ise pencere genişliğini (WW: window width) göstermektedir (86).

Değişik düzlemlerde yeniden yapma (multiplanarreformasyon-MPR): Ham görüntülerden farklı iki planda görüntü elde edilmesine multi planar reformasyon (MPR) denir. İnsan vücudundaki aksiyal düzlemin sağdan sola uzanan aksına x, önden arkaya uzanan aksına y, bu iki aksın yaptığı düzleme dik uzanan aksına da z adı verilir. x-y akslarınca oluşturulan aksiyal kesit voksellerinin x-z akslarınca yeniden düzenlenmesi ile koronal; y-z akslarınca düzenlenmesi ile de sagittal kesitler elde edilir (86). MPR görüntüler darlık, intimal fleb, intralüminal defekt gibi patolojileri diğer yöntemlerden daha iyi gösterir.

Üç Boyutlu Gösterim (Hacimsel Rekonstrüksiyon Teknikleri): İki yöntemi vardır: hacim hesaplama (volüm rendering) ve projeksiyon. Hacim hesaplama tekniğinde önce görüntüde segmentasyon yapılır. Bunun için ilgilenilen objenin HU numarası belirlenir, voksellerde bu değer varsa 1 yoksa 0 kabul edilir. Böylece elimizde sadece ilgilendiğimiz yapının vokselleri kalır. İlgilendiğimiz yapı segmente edildikten sonra bir bilgisayar programı segmente verileri belirlenen açılardan reforme eder. Bu işlem sadece yüzeydeki voksellerle de yapılabilir (yüzey hesaplaması-surface rendering). Reforme görüntü gölgelenebilir, boyanabilir vb. işlemler yapılabilir (86).

Projeksiyon tekniğinde zaman kaybettirici segmentasyon işlemlerine gerek yoktur. Yöntemde belirlenen bakış açılarından radyografik projeksiyonlara benzer görüntüler elde edilir. Hacim seri setinden bakış açısına göre vokseller seçilir ve o yöndeki tüm voksel değerleri toplanır. Genellikle azami BT numarası görüntülenir. Bu nedenle bu yönteme maximum intensite projeksiyon (MIP) adı verilir. Benzer şekilde düşük BT numarası taşıyan voksellerde görüntülenebilir (minimum intensite projeksiyon-MIP). Olay gerçekte bir üç boyutlu görüntüleme

değildir, değişik açılardan yapılan görüntüler sine modunda gösterilerek 3 boyutluluk sağlanmış olur (86).

2.6 Dual Enerjili Bilgisayarlı Tomografi

Dual Enerji Bilgisayarlı Tomografi (DEBT) ilk olarak 1976 yılında ortaya konmuş, ancak geniş kullanım alanı bulamamıştır (89,90). Günümüzde iki X ışını tüpü veya tek tüpteki hızlı kVp geçişi ile ÇKBT kullanılarak eş zamanlı olarak volümetrik ikili enerji verilerinin elde edilmesi mümkün hale gelmiştir (91).

2.6.1 Temel Prensipte ve Fizik Özellikleri

DEBT'nin temel prensibi iki ayrı enerji seviyesi kullanarak değişik moleküler yapıdaki maddeleri atenuasyon profillerini temel alarak ayırabilmektir. DEBT uygulamaları ile maddeleri birbirinden ayırmanın yanı sıra molekül tanımlama ve miktarını ölçme gibi işlevler gerçekleştirilebilir. Maddelerin ayırımı, özel görüntüler oluşturularak örneğin iyot, baryum veya ürik asidi ortaya koymak şeklindedir. Öte yandan maddenin tanımlanması ve miktarının ölçümü de bir lezyondaki iyot tutulumunu belirlemek veya dokudaki demir birikimini göstermek şeklinde olabilir(90-95).

DEBT, fotoelektrik ve Compton etkilerini analiz ederek, maddesel ayrışma sağlayan iki farklı X-ışını spektrumu kullanır. Dual enerji bilgi analizi tekniği ile, dokuların iki farklı enerjide X-ışınımına verdiği tepkiye ait bilgi elde edilir. Maksimum kontrast farkı yarattığı için ve görüntülerin çakışmasını minimuma indirdiği için günümüzde en çok 80 kVp ve 140 kVp kullanılır . DEBT ile yapılan hounsfield ünitesi ölçümleri mutlak değildir ve kullanılan kVp değerine göre değişiklik gösterebilir .

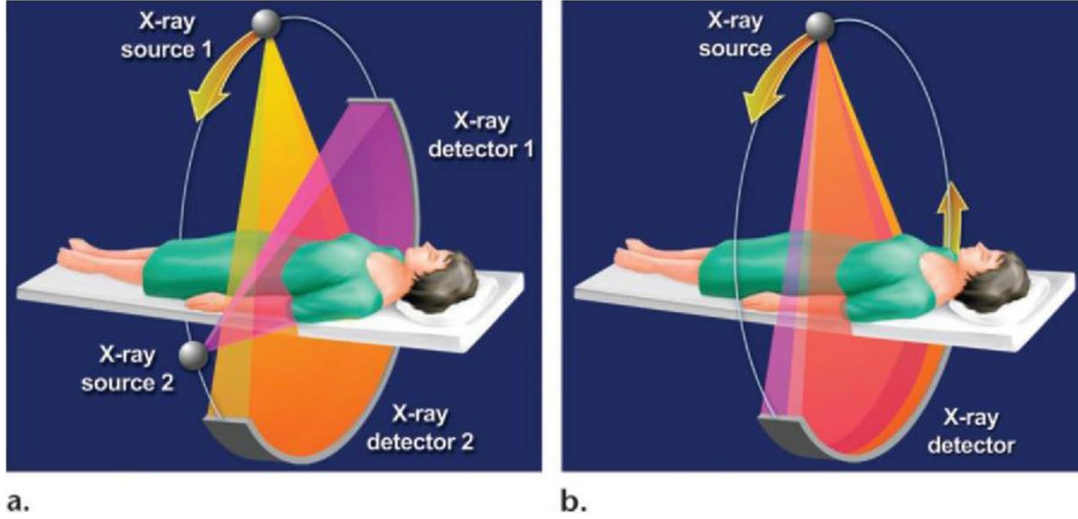
X ışınları fotoelektrik etki ve Compton saçılmasıyla oluşur. Materyalin atom numarası arttıkça fotoelektrik absorpsiyon dramatik bir şekilde artar. Diğer taraftan fotoelektrik absorpsiyonun olasılığı X-ışınının foton enerjisi arttıkça azalır (96). İyot, kalsiyum, xenon gibi yüksek atom numaralı ve güçlü fotoelektrik etki sağlayan maddeler DEBT görüntüleme için optimum özellik taşıyor. Elektronun K-yörüngesi bağlanma enerjisinin hemen üzerinde enerjiye sahip bir foton, bağlanma enerjisinin

hemen altındaki enerjiye sahip bir fotona göre daha iyi absorbe edilir. Ortalama enerjisi 80 kVp (52 keV) olan foton, iyotun K-yörüngesi bağlanma enerjisinin (33 keV) ve xenonun K-yörüngesi bağlanma enerjisinin (34.56 keV) hemen üzerindedir. Böylece iyot ve xenon 80 kVp'de güçlü fotoelektrik etki sağlar. Bunlardan düşük kVp'de tutulumu en iyi gösterilen materyal iyottur. DEBT ile elde olunan farklı X-ışını spektrumları görüntülerdeki iyotu saptamak ve ölçmek için kullanılır(94,95) . Günümüzde dual enerji özelliğinde iki tip BT cihazı mevcuttur. İki X-ışını tüpü kullanan sistemler; 64-kesitli çift-tüplü BT (Definition, Siemens Medical Systems; Erlangen Almanya) ve 128-kesitli çift-tüplü BT (Definition Flash, Siemens Medical Systems) olup hızlı kVp geçişi (gemstone görüntüleme) kullanan sistem; yüksek çözünürlüklü 128-kesitli BT (Discovery 750 HD, GE Healthcare; Milwaukee, Wisconsin, ABD) dir.

Siemens tarafından geliştirilen ilk ikili sistemde, iki tüp (tüp A ve B) ile farklı kVp değerleri (80 ve 140 kVp) kullanılmaktadır. Çift-tüplü BT kullanılarak 80 ve 140 kVp ile elde edilen iki veri seti iş istasyonuna aktarılır ve sanal kontrastsız görüntüler, iyot haritası ve karışık (80 ve 140 kVp verilerinin değişik oranlarda harmanlandığı) görüntüler elde edilir.

GE Healthcare tarafından geliştirilen 128 kesitli yüksek çözünürlüklü BT cihazında ise 0.5 milisaniyeden kısa sürede 80 kVp, 140 kVp ile yer değiştirmektedir. GSI veri seti iş istasyonuna aktarılır ve 40-140 keV arasında istenen keV'da spektral verilere ek olarak, su (sanal kontrastsız), iyot ve monokromatik görüntüler elde edilebilir (94). Bu sistemde tarayıcı eş zamanlı olarak yüksek kilovolt pik imajları ve düşük kilovolt pik imajları elde eder. İç içe geçmiş görünüm edinimi olarak ifade edilen bu işlem 1000 yüksek kVp imaj ve 1000 düşük kVp imaj elde etmemize izin verir. Tarama sonrası, ham veri tek bir kVp'lik kaynaktan gelmiş gibi görüntüler oluştururlur (97).

Çift tüplü BT kullanılırken 0.625 mm yerine 1 mm kolimasyon seçilerek gürültü düzeyi azaltılabilir. Ayrıca 140/80 kVp bileşimi yerine 140/100 kVp bileşimi tercih edilebilir. İkinci nesil çift-tüplü BT cihazlarında (128 kesitli BT) veri elde edilen alan daha genişir (FOV 26 cm yerine 33 cm) ve ayrıca görüntü kontrastını arttırmak ve yüksek enerjili spektrumu süzmek için bir filtre kullanılmaktadır. Her iki BT sistemi de z-uçan fokus teknolojisini kullanmaktadır(94).



Şekil 2.6. DEBT cihazlarının çalışma prensibi. İki farklı tüpün eş zamanlı olarak farklı voltajlarda çalıştırılması (a) veya bir tüpteki voltajın hızlı geçişler şeklinde değiştirilmesi (b) prensibine dayanan DEBT sistemleri.

2.6.2 Klinik Uygulamalar

Gastrointestinal ve Abdominal Uygulamalar: Dual-enerji kullanıldığında 80 kVp ile elde edilen görüntülerin kontrastı 140 kVp ile elde edilenlerden daha iyidir. Bu durum hepatoselüler karsinom ve hipervasküler karaciğer metastazları gibi arteryal fazda kontrastlanan lezyonların değerlendirilmesinde yarar sağlar. Marin ve ark. in vitro ve in vivo olarak hipervasküler lezyonların saptanmasında 80 kVp ile 140 kVp görüntüleri karşılaştırmış ve yüksek mA ile birlikte 80 kVp kullanıldığında daha fazla sayıda lezyonun görülebildiğini bulmuşlardır. Robinson ve ark. 80 kVp görüntülerin metastazlarla normal karaciğer dokusunun ayırt edilmesinde daha üstün olduğunu bildirmiştir. 80 kVp görüntülerde gürültü oranını azaltmaya yönelik alternatif rekonstrüksiyon teknikleri vardır. Kim ve ark. karışık görüntüler için değişik bir ağırlık faktörü (0,5) kullanmış ve düşük düzey ile yüksek genişliğin harmanlanmasının hepatoselüler karsinomun saptanması için en fazla yarar sağladığını göstermiştir (98). Kontrastsız BT görüntülerine gerek duyulmaması DEBT yönteminin bir avantajı olabilir. Zhang ve ark. çok fazlı bir BT protokolünde kontrastsız görüntülerden kaçınılmasının radyasyon dozunu azaltabileceğini ileri sürmüştür (99). De Cocco ve ark. da benzer bulgular elde etmekle birlikte, optimal sanal kontrastsız görüntülerin ancak vücut kitle indeksi düşük olan hastalarda elde edilebildiğini vurgulamışlardır (100).

DEBT birbirine tam ters spektral eğriye sahip olan karaciğerdeki demir ve yağın gösterilmesi için kullanılmıştır. Karaciğerde demir fazlalığı olduğunda kVp ve KeV azalırken karaciğerin ölçülen dansitesi artar; buna karşın yağlanmada kVp ve keV azalırken karaciğerin dansitesi azalır. Safra kanallarının saptanmasını ve biliyer segment boyutlarının ölçülmesini kolaylaştırabilecek dual-enerji kolanjiyografi tanımlanmıştır (101,102). Safra kesesi taşlarının dual-enerji özelliklerini ortaya koymak için in vitro çalışmalar yapılmıştır ve benzer protokol biliyer dilatasyonu bulunan ve koledok taşından şüphelenilen hastalarda da kullanılabilir (101-103). DEBT ile elde edilen 80 kVp verileri kitle belirginliğini arttırarak pankreas adenokarsinomlarının komşu normal parankimden daha iyi ayırt edilmesini sağlayabilir.

Üriner Uygulamalar: Üriner sistem uygulamaları arasında ürik asit ve sistin taşlarına tanı konması, kontrastlı BT çalışmalarında üriner taşların saptanması ve renal kitleler ile kistlerin özelliklerinin belirlenmesi sayılabilir. Dual-enerji verileri üriner taşların özelliklerinin belirlenmesi için kullanılabilir. Birçok çalışmada ürik asit taşlarının kalsiyum taşlarından in vitro ve in vivo olarak ayırt edilebilmesine ilişkin umut vaat eden sonuçlar elde edilmiştir(104-105). Ancak bu tekniğin önemli bir dezavantajı standart protokole göre daha fazla düzeyde radyasyon verilmesidir. Bu nedenle bu teknik taş saptandıktan sonra karakterizasyon için kullanılabilir. Bu bağlamda, taşların saptanması için standart protokol kullanılmalı, gerek olursa taşın saptandığı bölgede dual-enerji modunda sınırlı tarama yapılarak hastanın ek radyasyon yüküne maruz kalması önlenmelidir. Dual-enerji teknikleri sanal kontrastsız görüntüler kullanılarak BT pyelografi üzerinden böbrek taşlarına tanı konması için kullanılmıştır; ancak bu yöntemle küçük (<2 mm) taşların tanısı zordur. Graser ve ark. dual-enerji tekniği ile böbrek taşlarının özelliklerinin saptanmasında ilk ve ikinci nesil cihazları kullandıkları iki çalışma yayınlamışlardır. Birinci çalışmada radyasyon dozu kontrastsız BT aşamasının atlanması ile ilk nesil cihazlarda %35, ikinci nesil cihazlarda %50 azalmıştır. İkinci çalışmada böbrek kitlesinin iki aşamalı BT protokolünde %96 olan saptanabilirlik oranının, tek aşamalı DEBT protokolü ile %95 düzeyinde olduğu bildirilmiştir (106-107). Leschka ve ark. ile Brown ve ark. da benzer sonuçlara ulaşmıştır (107). Yakın bir gelecekte protein, kan ve iyot içeren oluşumların da ayırt edilmesi mümkün olabilecektir.

Böbrek Üstü Bezi Uygulamaları: Gupta ve ark. adrenal nodüllerin ayırt edilmesinde DEBT uygulaması ile ilgili çalışmasında 80 kVp görüntülerde atenüasyondaki azalma için %50 duyarlılık, %100 özgüllük, %100 pozitif öngörü değeri ve %28 negatif öngörü değeri saptamıştır (108). Birçok farklı sistemdeki hastalıkların tanısında yol gösterici olmakla birlikte bu yöntemin sınırlılıkları da mevcuttur. Dual enerji bilgisayarlı tomografinin başlıca sınırlılıkları FOV'un küçük olması (çift tüplü BT ile), yüksek radyasyon dozu, 80 kVp görüntülerdeki gürültü ve yüksek vücut kitle indeksine sahip hastaların değerlendirilmesindeki güçlüğüdür. FOV'un 26 cm olduğu çift tüplü BT çalışmalarında tek enerjili çekime göre daha fazla (<%30) radyasyon dozu gerekmiştir. Schenzle ve ark. filtre eklenmiş çift tüplü BT ile yapılan dual-enerji çekiminin, tek tüplü BT'den daha fazla radyasyon vermediğini bildirmiştir (109). Ancak bu bulgular ileri çalışmalarla doğrulanmalıdır. Ho ve ark. abdominal görüntüleme protokolleri kullanarak hızlı kVp değişimli dual-enerji ile tek enerji ÇKBT yöntemlerindeki radyasyon dozlarını ölçmüştür (110) ve etkin doz DEBT için 22.5–36.4 mSv, tek enerji BT için 9.4–13.8 mSv arasında değişmiştir. Radyasyon dozundaki artış kontrastsız görüntülerin elimine edilmesi ile dengelenebilir. Süperior vena kavadaki yoğun kontrast nedeniyle toraks perfüzyon DEBT incelemesinde emboliyi andıran ışın sertleşme artefaktları görülebilir. Bu artefaktlar salin enjeksiyonu yapılarak ve taramayı aşağıdan yukarıya doğru gerçekleştirerek minimize edilebilir.

2.6.3 Sınırlılıklar ve Radyasyon Dozu

DEBT de radyasyon dozu kullanılan teknoloji ile yakından ilgilidir. Dual enerji mutlaka tek enerji uygulamalarına kıyasla doz artışı anlamına gelmemektedir. Temel hedef, tek enerji BT ile aynı dozla inceleme yapmaktır. Böylece standard protokoller çift enerji uygulamaları ile değiştirilerek ek doz verilmeden ek tanısal bilgi edinilebilir.

Çift enerji uygulamalarında radyasyon dozu tüp akımı, pitch ve enerji seviyesine bağlıdır. Eğer düşük tüp akımı kullanılırsa tek enerji uygulamalarına eşdeğer radyasyon dozlarında inceleme yapılabilir. Bunun dezavantajı gürültünün artmasıdır. Özellikle hızlı voltaj değiştirme yönteminde düşük voltajlı çekimlerde gürültüyü engellemek için yüksek tüp akımı kullanımı durumunda hasta dozu belirgin

biçimde artmaktadır. Ancak bu sorunu aşmak için geliştirilen ve gürültü-doza normalizasyonu sağlayan yöntemle dozunun artışının önüne geçilebilmektedir(95,111-114).

Sanal kontrastsız seriler oluşturularak ek kontrastsız inceleme gerekliliğini ortadan kaldırmak radyasyon dozu açısından avantaj sağlar(95). Bunun yanı sıra geliştirilen tüp akım modülasyon yöntemleri, iteratif rekonstrüksiyon teknikleri ve detektör uygulamaları hem doz azaltıcı yönde hem de kontrast-gürültü oranını artırmaya yönelik önemli adımlardır(114).

2.6.4 İş İstasyonumuzda Yer Alan Taş Analizi Programları

GSI (Gemstone Spektral Görüntüleme) Görüntüleyici, madde yoğunluğu, monokromatik ve etkin atom numarası(Zeff) görüntüleri dahil, spektral görüntü verilerinin birincil görüntüleme ve son işlemlerinin yapılmasını sağlar. Ayrıca, monokromatik ve madde türlerinin renkli bir yer paylaşım gösteriminde eş zamanlı olarak görüntülenmesini de sağlar.

GSI, spektral veya GSI görüntülerin çekimi, yeniden yapılandırması ve görüntülenmesini sağlayan bir yazılım özelliğidir. Spektral görüntüler, madde bileşimi hakkında ek klinik bilgiler verebilir. Ayrıca, projeksiyon tabanlı madde yoğunluğu algoritması ile üretilen görüntüler, ışın kuvvetlendirme ve metal indüklenme artefaktlarını azaltmıştır.

Gemstone Spektral Çekim Görüntüleme anahtar teknolojileri şunlardır:

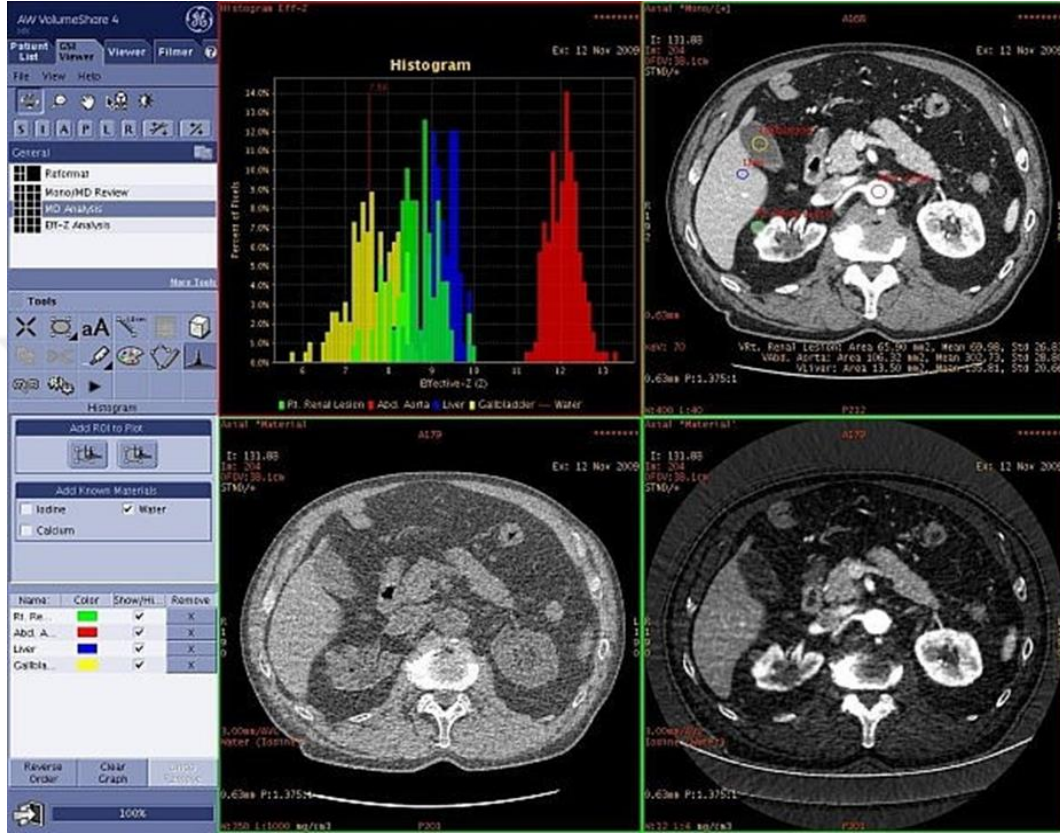
- İki farklı kVp enerjisinden veri sağlayan hızlı enerji değiştirme
- Madde yoğunluğu ve monokromatik görüntüler yaratan, projeksiyon tabanlı yeniden yapılandırma algoritmaları

İki X-Işını enerjisi, jeneratördeki enerji düzeylerinin hızlı eş zamanlı olmayan değişimi ile aralıklı olarak elde edilir. İki enerji düzeyinin eş zamanlı olarak elde edilmeleri nedeniyle, hastanın veya organın hareketi sonucu ortaya çıkan iki veri kümesi arasındaki yanlış kayıtlar sanal olarak ortadan kaldırılır. Hedeflenen iki enerji düzeyinde veri elde edildikten sonra, enerjiye bağımlı madde atenüasyonu, madde yoğunluğu ve monokromatik görüntüler yaratmak için kullanılabilir(141).

Histogram Grafisi

Histogram, herhangi bir seçili hacimde bir veya daha fazla ROI'nın piksel değerlerinin dağılımını görüntüler. Yatay eksen üzerindeki bin (aralık) sayısına düşen

ROI'nin piksel sayısını görüntüler. Her bin (aralık), histogram üzerinde bir çubuk olarak görüntülenir. Etkin atom, medikal teşhis X-Işını atenüasyonunu (k-sınırı üzerindeki enerjiler) domine eden Compton ve fotoelektrik etkilerindeki faktörleri tespit eden bir anahtardır(141).



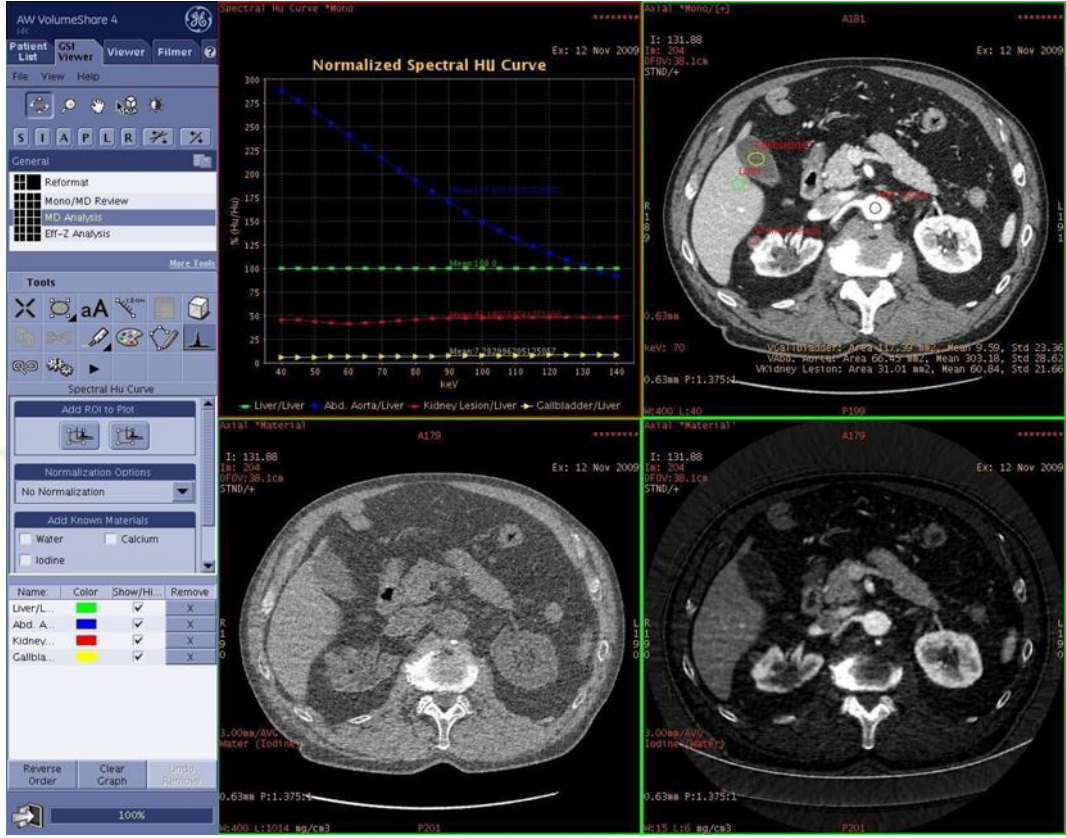
Şekil 2.7.Dört ROI'nin görüntülediği histogram görünüm alanı(141)

Spektral HU Eğrisi Grafisi

Spektral HU Eğrisi, çoklu monokromatik enerji (keV) değerlerinde bir ROI'nin lineer atenüasyon (HU) değişimini gösterir. 40 - 140 keV aralığındaki monokromatik enerjilerin HU değerlerinin standart sapmasını ve ortalamasını gösterir.

Spektral HU Eğrileri, bilinen bir atenüasyon alanına (ROI) normalize edilebilir. Planın referans bir ROI' ye normalize edilmesi, hastadan hastaya değişim gösteren kontrast konsantrasyonlarının değişkenliğini azaltabilir. Referans maddelerin

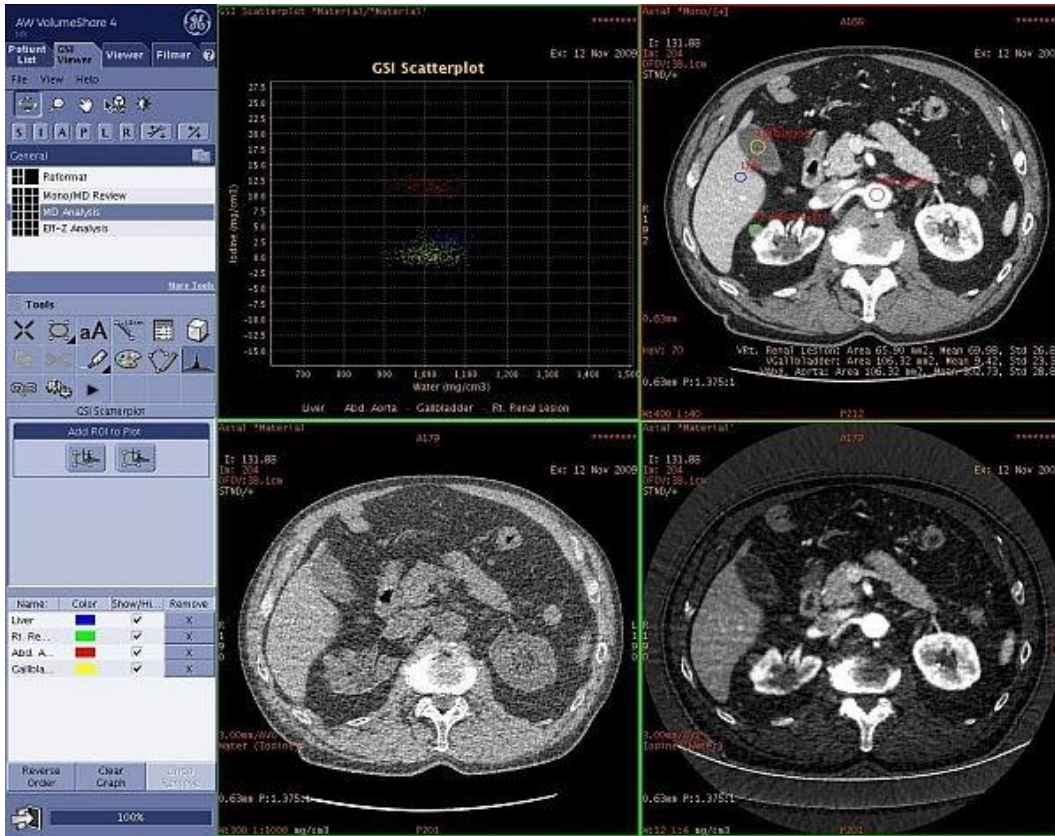
Spektral HU Eğrileri, birim yoğunlukta materyalin lineer atenüasyonunu yansıtır(141).



Şekil 2.8. Normalized Spectral HU Curve (Normalize Edilmiş Spektral HU Eğrisi) görünüm alanı görünümü(141)

ScatterPlot (Dağılım Planı) Grafisi

ScatterPlot, iki hacim arasındaki ilişkiyi görüntüler. Daha iyi materyal farklılaşması ve tanınması için çoklu hacimler arasındaki aynı ilgi alanını (ROI) karşılaştırmanıza olanak sağlar. ScatterPlot içindeki paternler, çoklu ilgi alanlarındaki materyaller arasındaki farklılıkları ve benzerlikleri tanımanıza yardımcı olabilir. Eğer bir eksen Material Density (Madde Yoğunluğu) ise, değerleri mg/cc³ veya ug/cm³ olarak gösterilir. Eğer eksen effective Z ise, değerleri etkin atom numarası olarak gösterilir(z)(141).



Şekil 2.9. ScatterPlot (Dağılım Planı) görünüm alanları(141)

Material Decomposition(Materyal Baskılama) Haritalama Tekniği

DEBT maddelerin farklı enerji seviyelerinde salıdıkları enerjiyi ve bu düzeydeki atenüasyon değerleri sayesinde materyallerin içeriği hakkında bilgi verir. Materyal baskılama tekniğinde maddeler ikili olarak birbiriyle karşılaştırarak materyal

bazlı görüntü çiftleri oluşturur. Bu teknik üriner taşlar için kullanılabilir. Örneğin üriner sistemde yer alan bir taşın ürik asit mi, kalsiyum taşı mı yoksa sistin mi olduğu birbiri ile karşılaştırarak materyal baskılma haritaları çıkartılarak taşın tipi belirlenir.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1 Çalışma Planı

Bu çalışmaya Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulundan 03.11.2016 tarihinde 11/11/2016-E.37656 sayılı karar alınarak başlanmıştır. Bu çalışma Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda ÜSTH ön tanısı ile yapılan DEBT tetkiklerinin incelenmesi şeklinde planlandı.

Ekim 2016 - Mart 2017 tarihleri arasında Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı'na ÜSTH öntanısı ile gelen DEBT tetkiki yapılan 200 olgunun görüntüleri, iş istasyonu üzerinde iki radyolog tarafından değerlendirildi.

18 yaş üstü erkek ve kadın hastalar çalışmaya dahil edildi. 18 yaş altında BT istenen hastalarda, tetkiki isteyen hekime bilgi verilerek hastaya öncelikle USG ile değerlendirme önerildi ve 18 yaş altı hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Gebe hastalarda BT ile değerlendirme kontrendike olduğu için bu hastalar da çalışmaya alınmadı.

3.2 Yöntem

Bu çalışmada dual enerji yöntemiyle yüksek çözünürlükte tek kaynaklı hızlı kvp değiştirmeli 128 kesitli BT (Revolution GSI, GE Healthcare; Milwaukee, Wisconsin, ABD) cihazı kullanılarak tek bir nefes tutma süresinde supin pozisyonda yapıldı. Alınan aksiyel görüntüler iş istasyonuna (AW Server, GE Healthcare) gönderildi. Oluşabilecek metalik artefaktları engellemek için çekim öncesi hastalardan üzerlerindeki metal eşyaları çıkartmaları istendi. Metal düğme ya da fermuarlı kıyafeti olan hastaların soyunma kabiniinde kıyafetini çıkararak verilen formayı giymeleri istendi. Çekim boyunca hareketsiz kalmanın tetkik kalitesini artıracığının önemi anlatıldı.

Hastalar supin pozisyonunda masaya yatırılarak topogram elde edildi. Kullandığımız protokoldeki teknik parametreler şu şekildeydi: dedektör :64x0,625, kesit kalınlığı 0,625 mm, pitch: 0.98:1, gantri rotasyon süresi 0,28 sn, kVp:40/140,

FOV:35, Matriks 512x512. BT incelemeleri oral yada intravenöz kontrast madde verilmeden gerçekleştirildi.

ÜSTH ön tanısı ile yapılan BT incelemelerinde kontrast madde kullanımı gerekli olmadığından ve yanlış pozitif sonuçlar verebileceğinden, hastaların hiçbirinde intravenöz ya da oral kontrast madde kullanılmadı. Tetkikler tüm hastalarda, herhangi bir komplikasyon olmadan başarılı bir şekilde tamamlandı. Çalışmaya dahil edilen hastaların sistemde BT çektiği tarihte veya yakın tarihte idrar tahlili sonuçlarına bakılarak idrar ph'ı not edildi. Ayrıca çalışmaya dahil edilen her hastanın umbilikal seviyeden geçen kesitte cilt altı yağ dokusu alanı(SAA) ve visseral yağ dokusu alanı(VAA) iş istasyonunun ölçüldü. Visseral yağ dokusu alanı yüzdesi aşağıdaki formüle göre çıkarıldı.

$$VAA\% = (VAA/VAA+SAA) \times 100.$$

Çalışmaya dahil edilen 200 hastanın hbys sisteminde tam idrar tahlilinden Ph a bakıldı. Bunlardan 29 tanesinde tetkik istenmemiştir. Dolayısıyla bu hastalara ait idrar ph değeri elde edilemedi.

Klinik deneyimlerde obezitenin taş hastalığının insidansının artışına yol açtığı izlenmiştir. Bu çalışmada hastaların visseral adipoz doku miktarı ile taş hastalığı arasında ilişki olup olmadığı araştırmak istedik. Bu nedenle çalışmamıza dahil ettiğimiz hastaların umbilikal seviyede geçen kesitlerde subkutanöz adipoz doku alanı(SAA) ve visseral adipoz doku alanı (VAA) miktarını ölçerek VAA yüzdesini çıkarttık. Bu işlemi iş istasyonunda çıkarttığımız kesitte eşik değeri -190 ve -30 HU olarak belirleyip alan ölçümü sağladık. Bu aralık Yoshizumi ve Sjöström'in tarafından Aquarius iNtuition versiyon 4.4.6.100.2862 kullanılarak çıkarttıkları değerler referans alındı(115,116). Alan ölçümü yaparken önce tüm kesitteki manuel olarak çizdiğimiz alandaki adipoz doku miktarını ölçtük. Sonrasında yine manuel olarak çizdiğimiz visseral alanı çıkartıp ölçümü gerçekleştirdik(Şekil 3.4).

3.3 Taşların Dual Enerji Bilgisayarlı Tomografi ile İn Vivo Analizi

Çekimi yapılan hastaların görüntüleri 40-140 keV arasında monokromatik görüntüler için piksel değerlerini görüntüleyebilen iş istasyonunda aktarıldı. İş istasyonuna (AW Server, GE Healthcare) gelen görüntüler öncelikle GSI General modülünden açıldı. Bu modülde taşların analizi için histogram, HU eğrileri grafisi ve scatterplot(dağılım) grafisi ve materyal baskılama tekniği kullanıldı. Bir yerleşim seçildiğinde (ROI yerleştirilen bölge) monokromatik görüntüleri, materyal bazlı görüntü çiftlerini ve etkin-Z görüntülerini oluşturup inceledik. Öncelikle üriner sistem taşlarının histogram üzerinde etkin atom numarasına göre çıkartmaya çalıştık. İş istasyonumuzda veri tabanında taşların atom numaraları tablo 3.1. gösterilmiştir. İncelediğimiz taşın mümkün olan en geniş yüzey alanının yer aldığı kesitte en az 5 mm² ölçüsünde bir eliptik bölge (ROI) yerleştirdikten sonra histogram eğrisini çıkarttık(Şekil 3.3). Boyutu 5 mm den küçük taşlar tedavi gerektirmeyip kendiliğinden düştüğü için çalışmaya dahil edilmedi. Sonrasında Plot (Plan) paneli kullanılarak HU eğrisi bilinen taşları incelediğimiz taşın HU eğrisiyle karşılaştırdık. Son olarak histogram ve HU eğrisi grafiğine göre hangi taş tipi çıkmışsa diğer taşlarla ikili materyal baskılama haritaları çıkartıldı(Şekil 3.2).

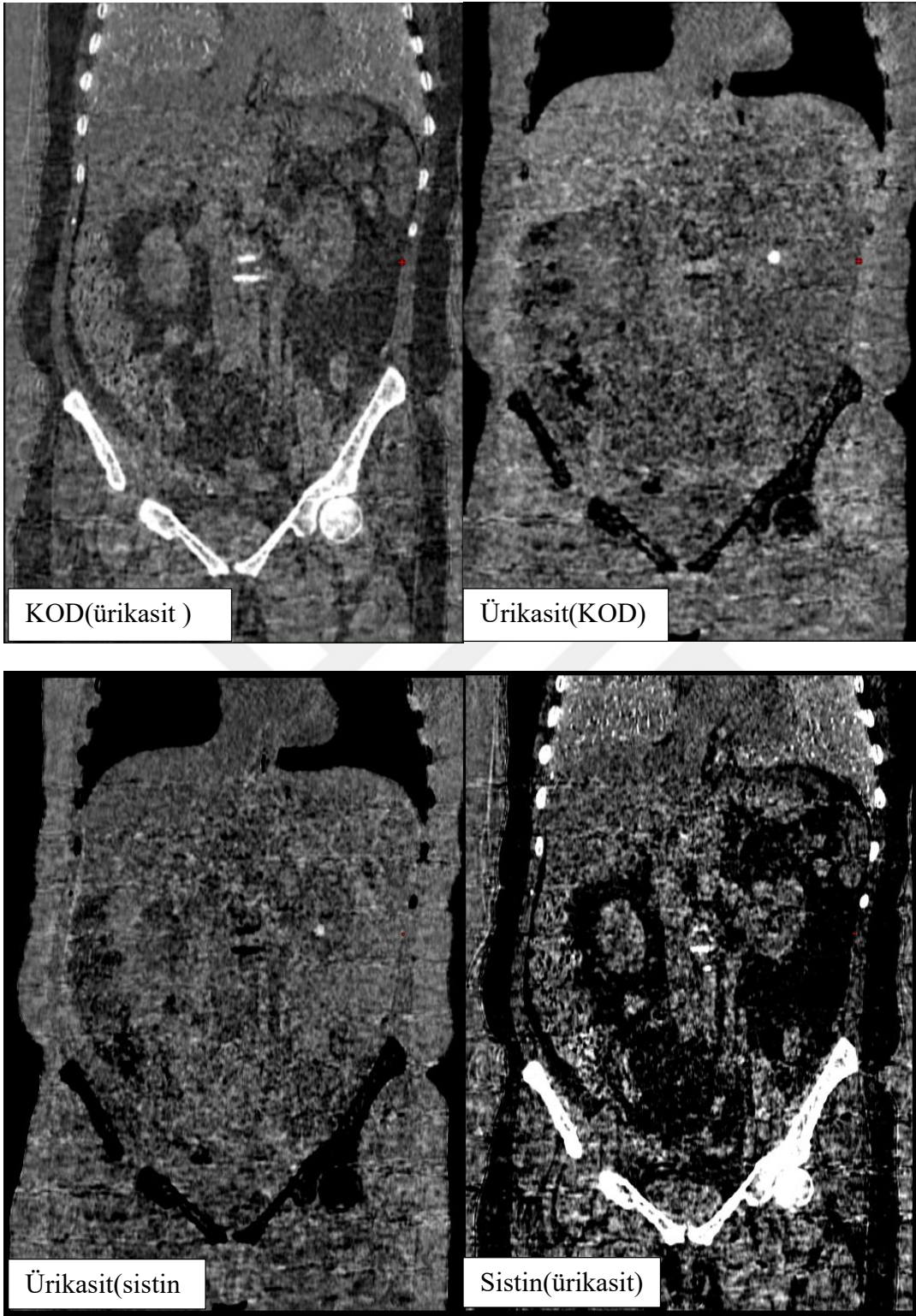
Tablo 3.1. İş istasyonunun veri tabanında yer alan üriner sistem taşlarının etkin atom numaraları

Taş Tipi	Kimyasal formül	Etkin Atom Numarası(Z_{eff})
Ammonyum Asit Urat	$C_5H_3N_4O_3NH_4$	6.84
Ürik Asit	$C_5H_4N_4O_3$	6.95
Ürik Asit Dihidrat	$C_5H_4N_4O_3 \cdot 2H_2O$	7.73
Sistin	$C_6H_{12}N_2O_4S_2$	11.15
Struvit	$CaMgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$	9.74
Kalsiyum Okzalat Dihidrat	$CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$	13.32
Kalsiyum Okzalat Monhidrat	$CaC_2O_4 \cdot H_2O$	13.80
Bruşit	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	14.14
Karbonat Apatit	$Ca_{10}(PO_4)_6(CO_3)$	15.99
Hidroksiapatit	$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$	16.09

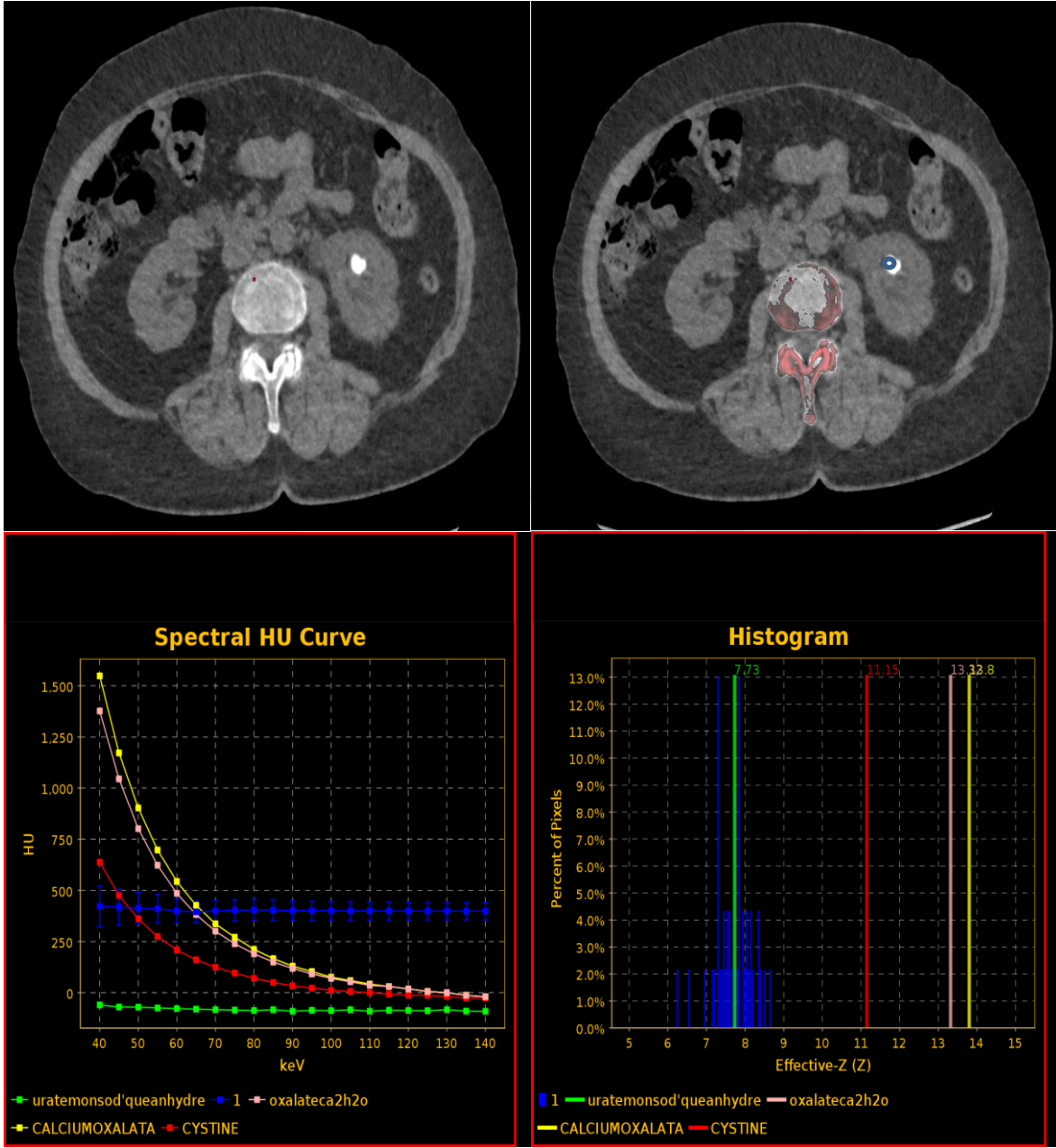
Üriner taşlar; bu yazılım aracılığıyla kalsiyum oksalat monohidrat, kalsiyum oksalat dihidrat, sistin, ürik asit taşı, struvit, mikst taş şeklinde sınıflandırıldı. Ayrıca taşın hangi tarafta (sağ ya da sol) olduğu, yerleşim yeri (böbrek, üreter ya da mesane), taşın boyutu kaydedildi.



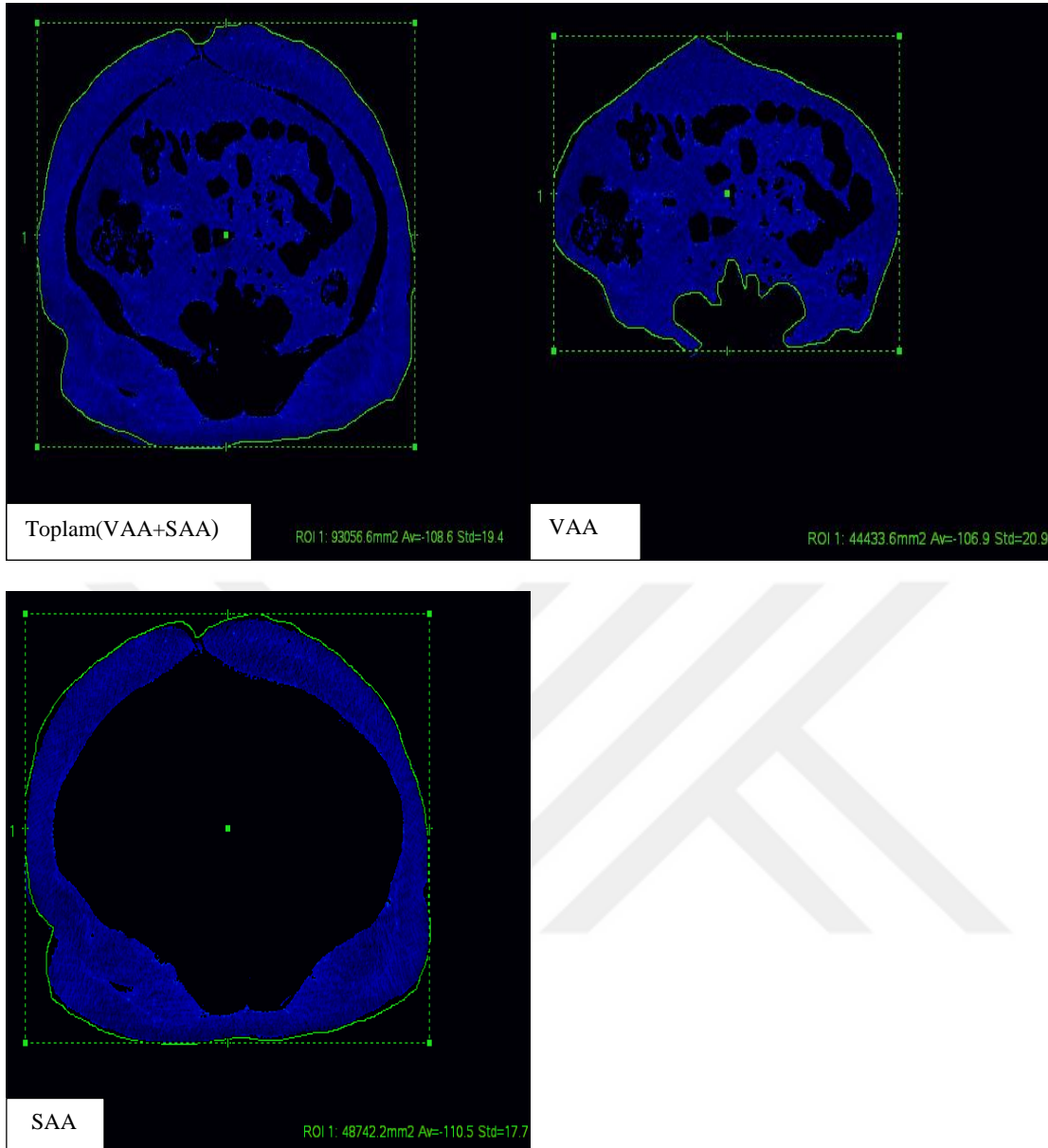
Şekil 3.1. 128-kesitli dual enerji ÇKBT (Revolution GSI, GE Healthcare; Milwaukee, Wisconsin, ABD)



Şekil 3.2. Sol böbrek orta kalikte bulunan ürik asit taşının materyal baskılama tekniğiyle tiplendirilmesi



Şekil 3.3. Sol böbrek orta kalikte bulunan taşın sanraline yerleştirilen ROI içindeki piksellerin atom numarası ve HU eğrilerine göre ürik asit taşının olduğu izleniyor



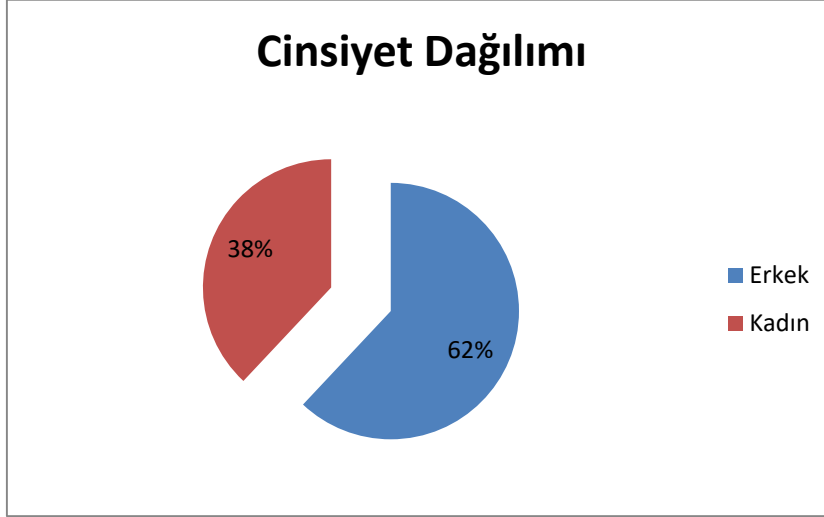
Şekil 3.4. Total adipoz doku alanı, Visceral adipoz doku alanı(VAA), Subkütan adipoz doku alanı(SAA)

3.4 Verilerin İstatiksel Analizi

İstatistiksel veriler IBM SPSS V.20 istatistik programı ile elde edildi. Verilerin normallik testi olarak Shapiro-Wilk testi kullanıldı. Veriler normal dağılmadığı için non-parametrik korelasyon yöntemi Mann Whitney U-Testi ve Kruskal-Wallis testleri uygulandı, $p < 0.05$ anlamlı kabul edildi.

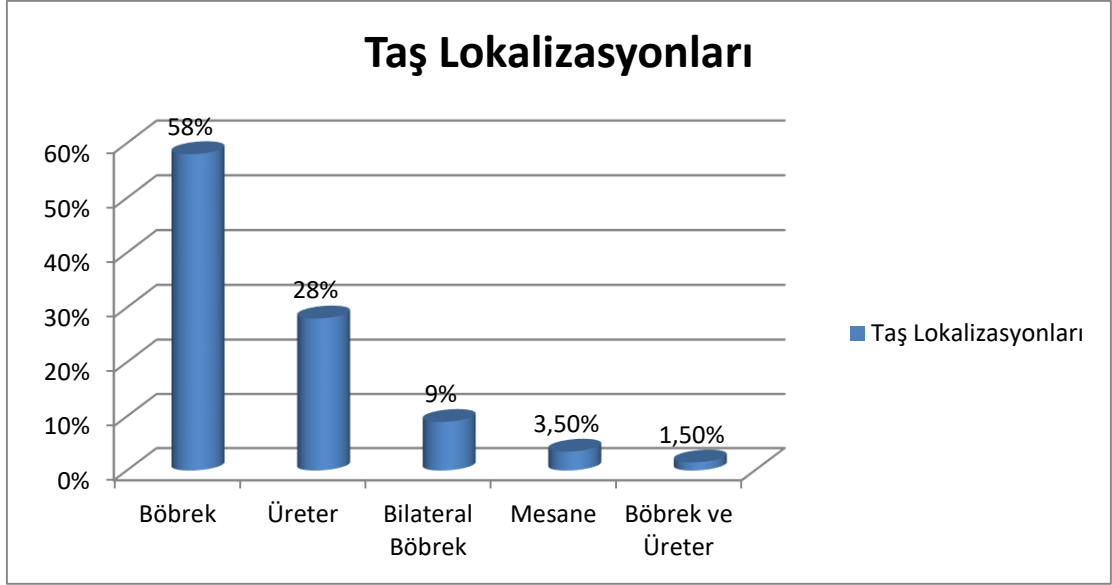
4. BULGULAR

ÜSTH öntanısıyla BT tetkiki istenen 613 olgunun 200'ünde taş saptanarak çalışmaya dahil edildi. 413 olgu ise taş saptanmadığı için çalışmaya dahil edilmedi. Çalışmaya dahil edilen 200 olgunun 124'ü erkek (%62), 76'sı kadın (%38) olup, olguların yaş ortalaması 42.8 olarak hesaplandı(Şekil 4.1). Her iki cinsiyette en fazla kalsiyum okazalat taşı bulunurken kadınlarda struvit taşı erkeklerde ürik asit taşı en az bulunan taşlar oldu.



Şekil 4.1. Taş hastalığının cinsiyete göre dağılım yüzdelerinin grafiksel gösterimi

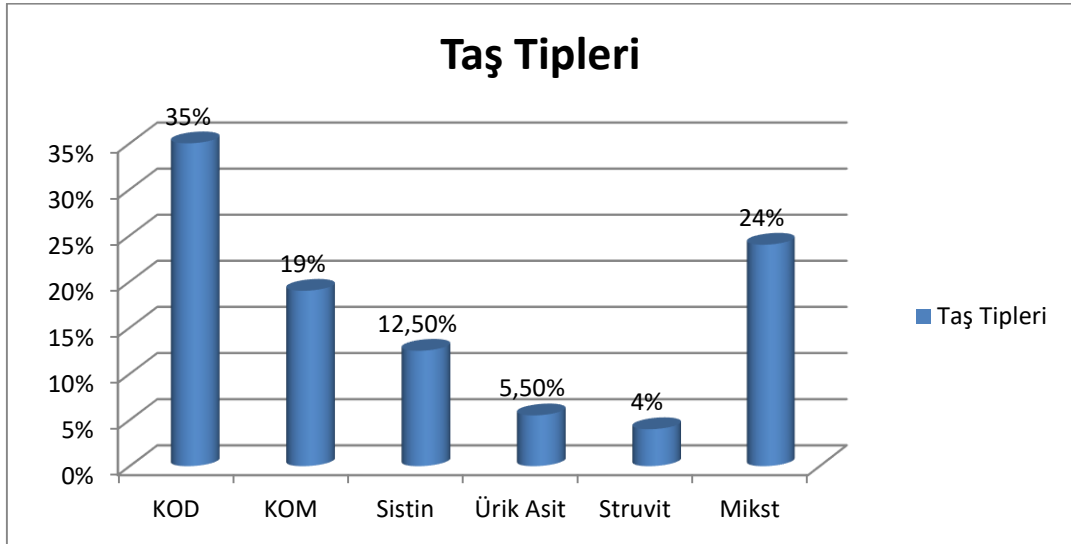
Çalışmaya dahil edilen 200 olgunun 116'sı(%58) böbrekte ,56'sı (%28) üreterde, 7'si (%3.5) mesanede, 3'ü(%1.5) hem böbrek hem üreterde, 18'i (%9) ise bilateral böbrekte taş saptandı (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Taşların lokalizasyonuna göre dağılımı

4.1 Analiz ve Ölçümler Sonuçları

Çalışmaya dahil edilen 200 olgunun 70'inde (%35) kalsiyum oksalat dihidrat, 38'inde (%19) kalsiyum oksalat monohidrat, 25'inde (%12,5) sistin, 11'sinde (%5,5) ürik asit, 8'inde(%4) struvit ,48'inde(%24) ise mikst taş saptandı (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. DEBT ile yapılan analiz sonucu çıkan taş tiplerinin yüzdesi

4.2 DEBT ile Üriner Taş Karakterizasyonunun İstatistiksel Analizi

Taş tiplerinin idrar Ph'ı, VAA, SAA ile ilişki Kruskal-Wallis testi ile yapılan değerlendirmede p değerimiz 0.652 elde edinmiş olup anlamlı farklılık saptanmamıştır(Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Taş tiplerinin idrar Ph'ı, VAA, SAA ile ilişkisinin Kruskal-Wallis testi sonuçları

	Kalsiyum Okzalat Dihidrat	Kalsiyum Okzalat Monohidrat	Ürik asit	Sistin	Struvit	Mikst	P değeri
	Median İnterquartile Range						
Ph	6 1	6 0	6 0	6 0	6 1	6 0	0.421
VAA	90 78	80 95	70 68	95 98	80 50	80 70	0.412
SAA	130 125	150 165	140 233	200 170	200 170	130 185	0.478

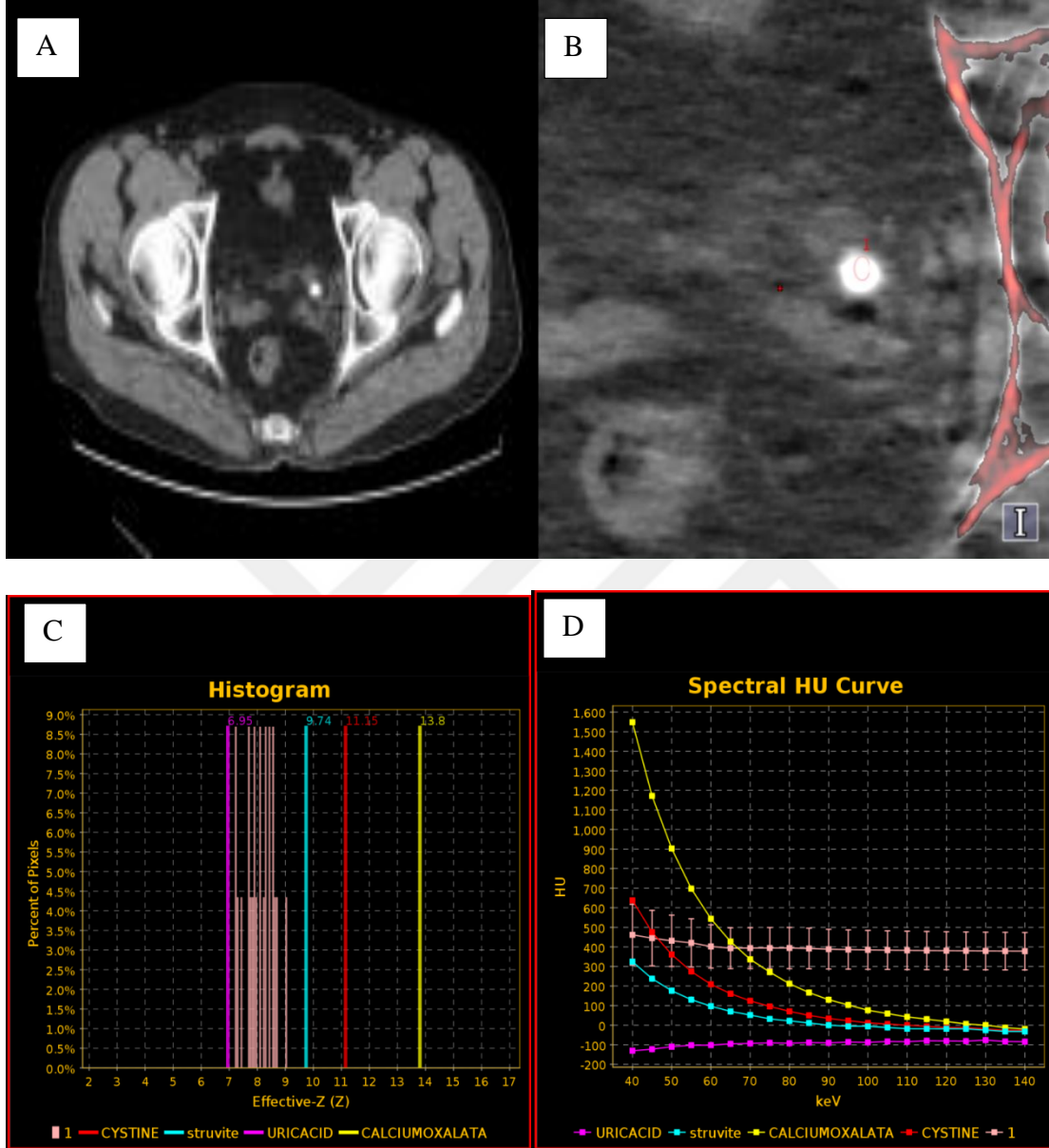
Cinsiyete göre taş tipleri ve VAA ve SAA verileri ile karşılaştırması non parametrik Mann Whitney U-Testi ile yapıldı, $p < 0.05$ anlamlı kabul edildi(Tablo 4.2).SAA ve toplam adipoz doku alanı cinsiyet arasında anlamlı ilişki bulundu.

Tablo 4.2. Mann Whitney U-Testi sonucu, cinsiyete göre taş tipleri ve VAA ve SAA verileri sonucu

	Erkek	Kadın	P değeri
Ph	6 0	6 0	0.494
VAA	80 50	80 75	0.183
SAA	245 203	130 80	0.000
Toplam(VAA+SAA)	360 228	230 160	0.001

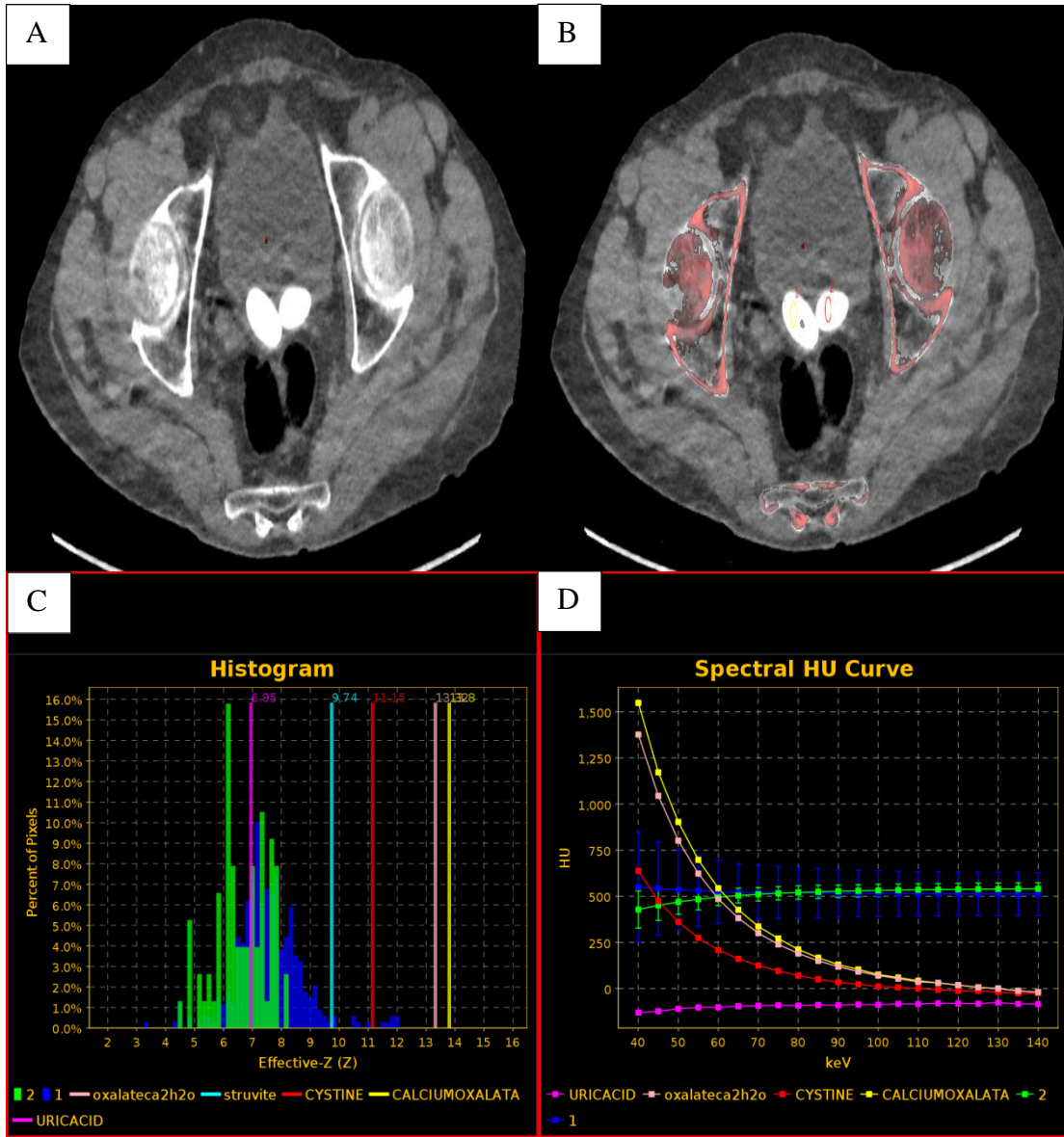
4.3 Olgu Örnekleri:

Olgu 1 :



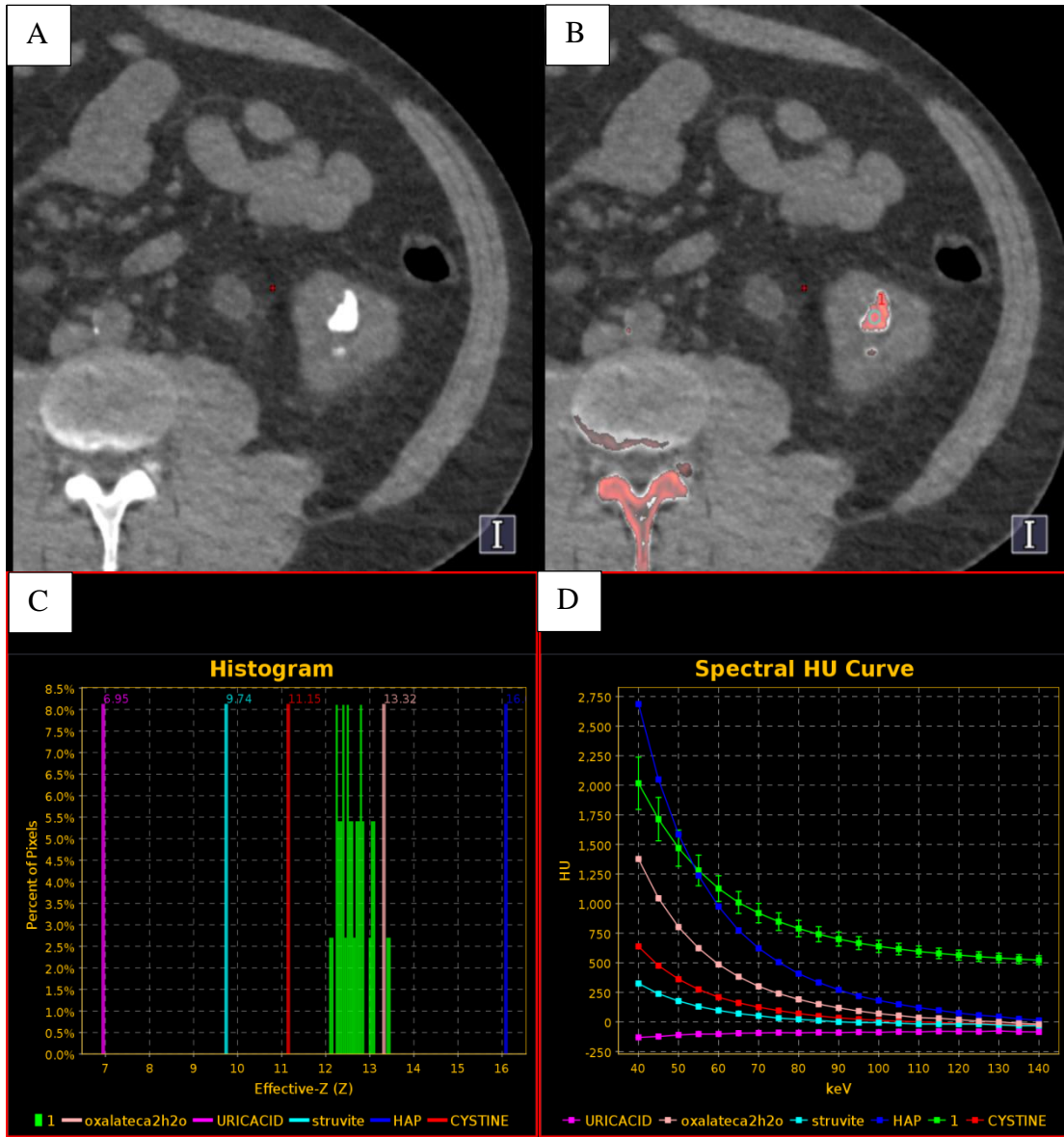
Şekil 4.4. Ürik asit taşı. A: sol üreter distalinde taş izleniyor B: renk kodlamalı haritada taş santraline yerleştirilmiş ROI izleniyor C: Etkin atom numarası grafiği D: Spektral HU grafiği

Olgu 2:



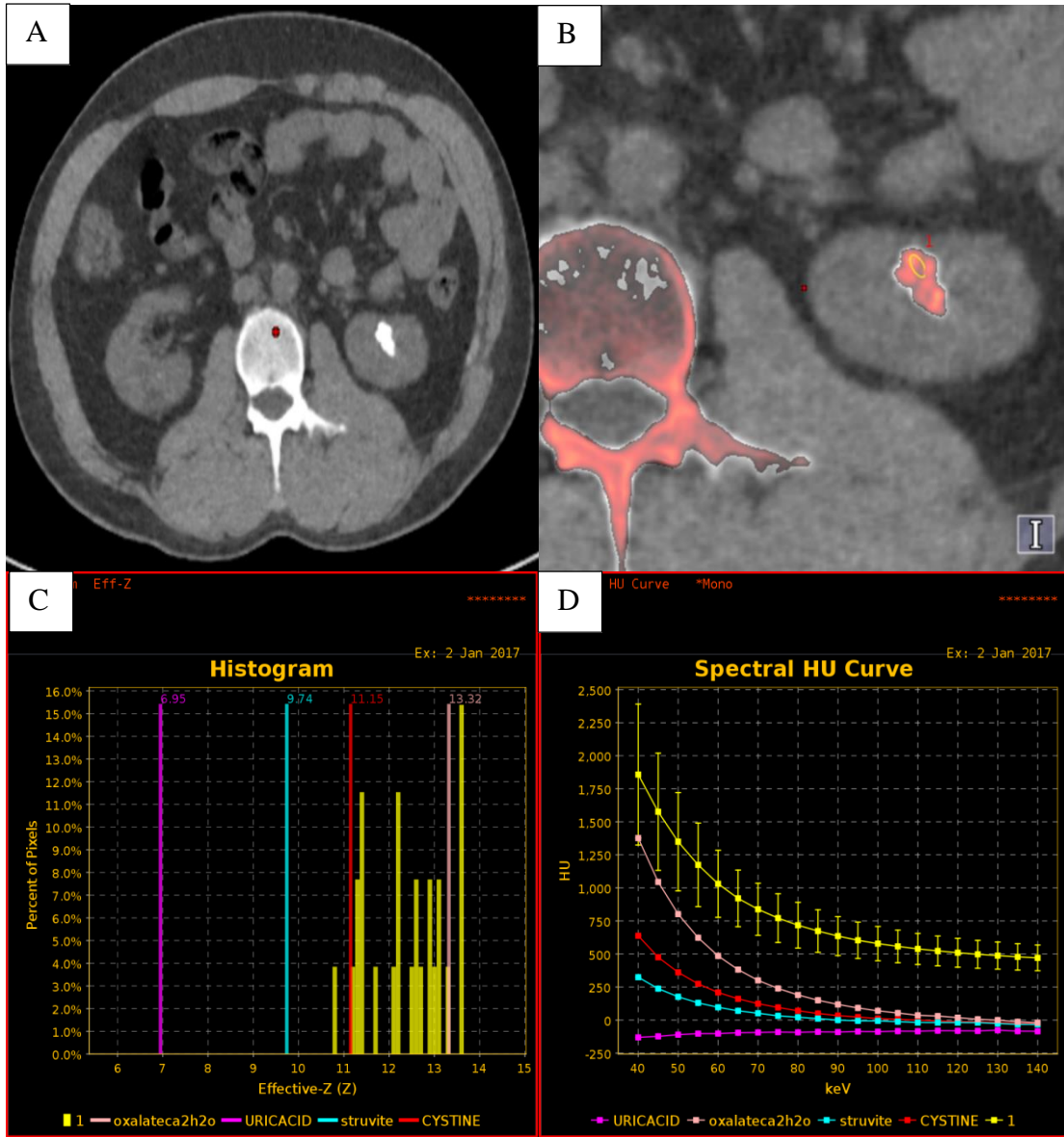
Şekil 4.5. Ürik asit taşı. A: Mesane yerleşimli iki adet taş izleniyor B: Renk kodlamalı haritada taş santraline yerleştirilmiş 2 adet ROI izleniyor C: Etkin atom numarası grafiği D: Spektral HU grafiği

Olgu 3:



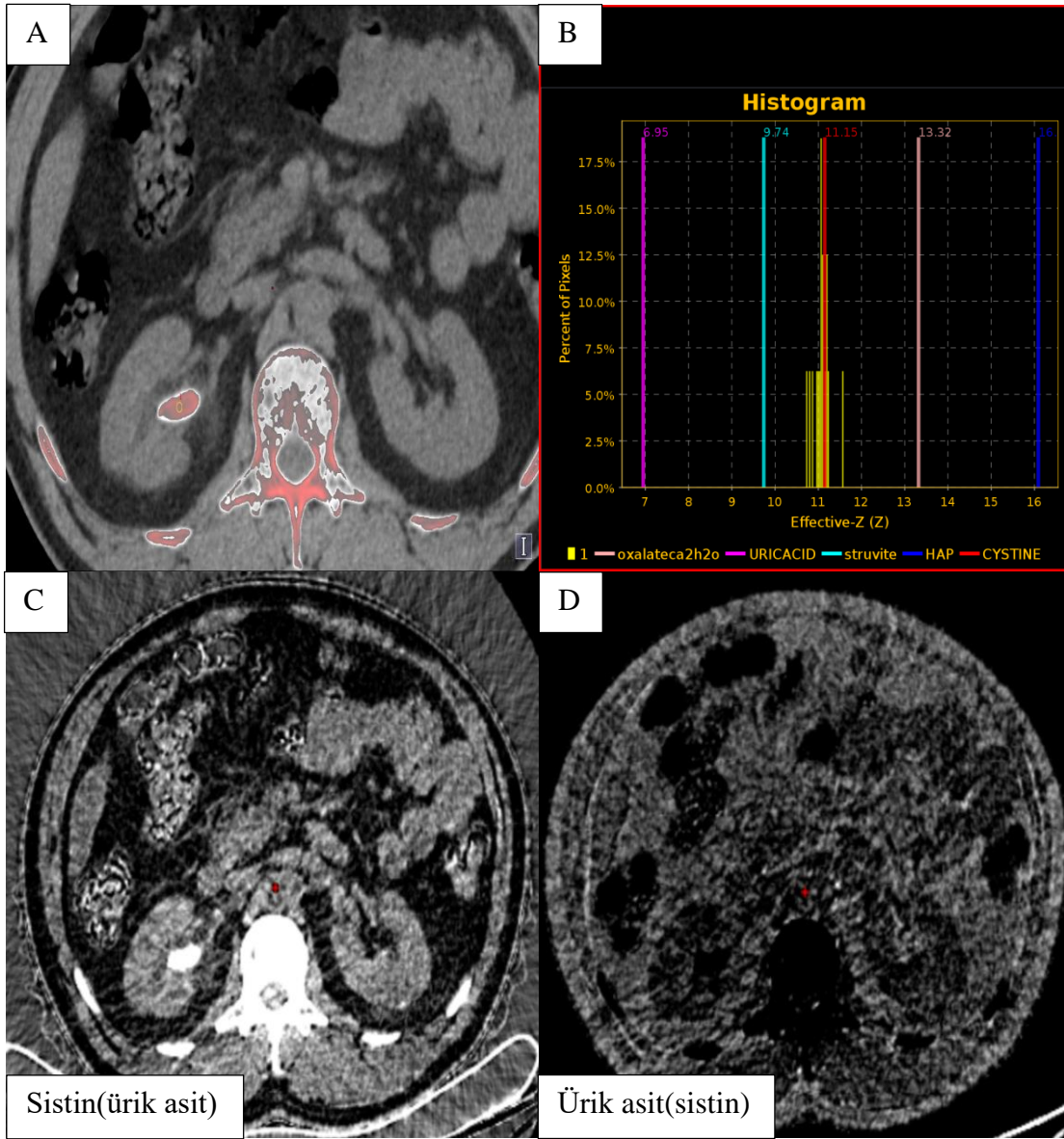
Şekil 4.6. Kalsiyum okzalat dihidrat taşı. A: Sol böbrek alt polde taş izleniyor B: Renk kodlamalı haritada taş santraline yerleştirilmiş ROI izleniyor C: Etkin atom numarası grafiği D: Spektral HU grafiği

Olgu 4:



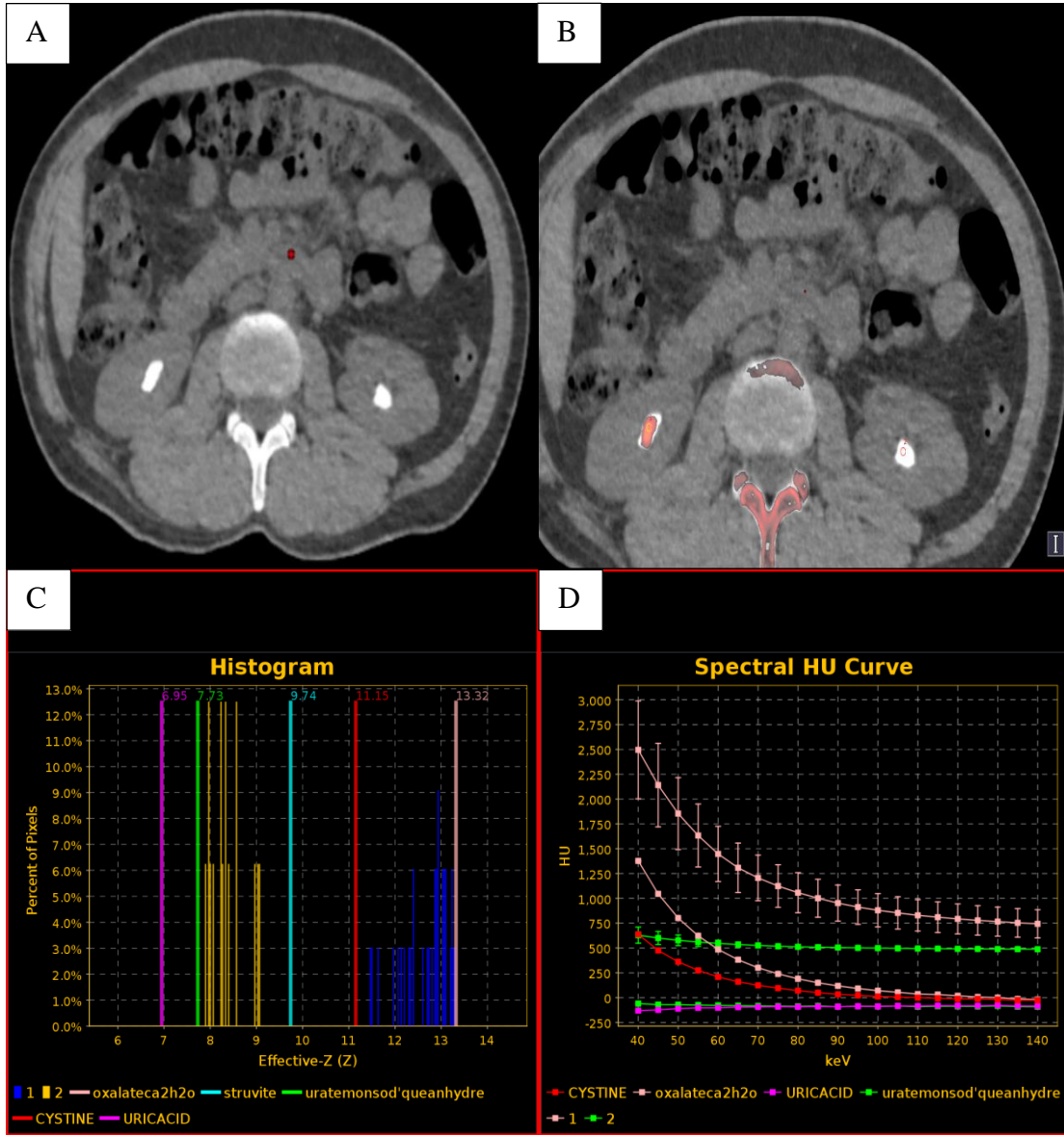
Şekil 4.7. Mikst taş(sitsin ve kalsiyum okzalat dihidrat). A: Sol böbrek orta kesimde kalikte taş izleniyor B: Renk kodlamalı haritada taş santraline yerleştirilmiş ROI izleniyor C: Etkin atom numarası grafiği D: Spektral HU grafiği

Olgu 5:



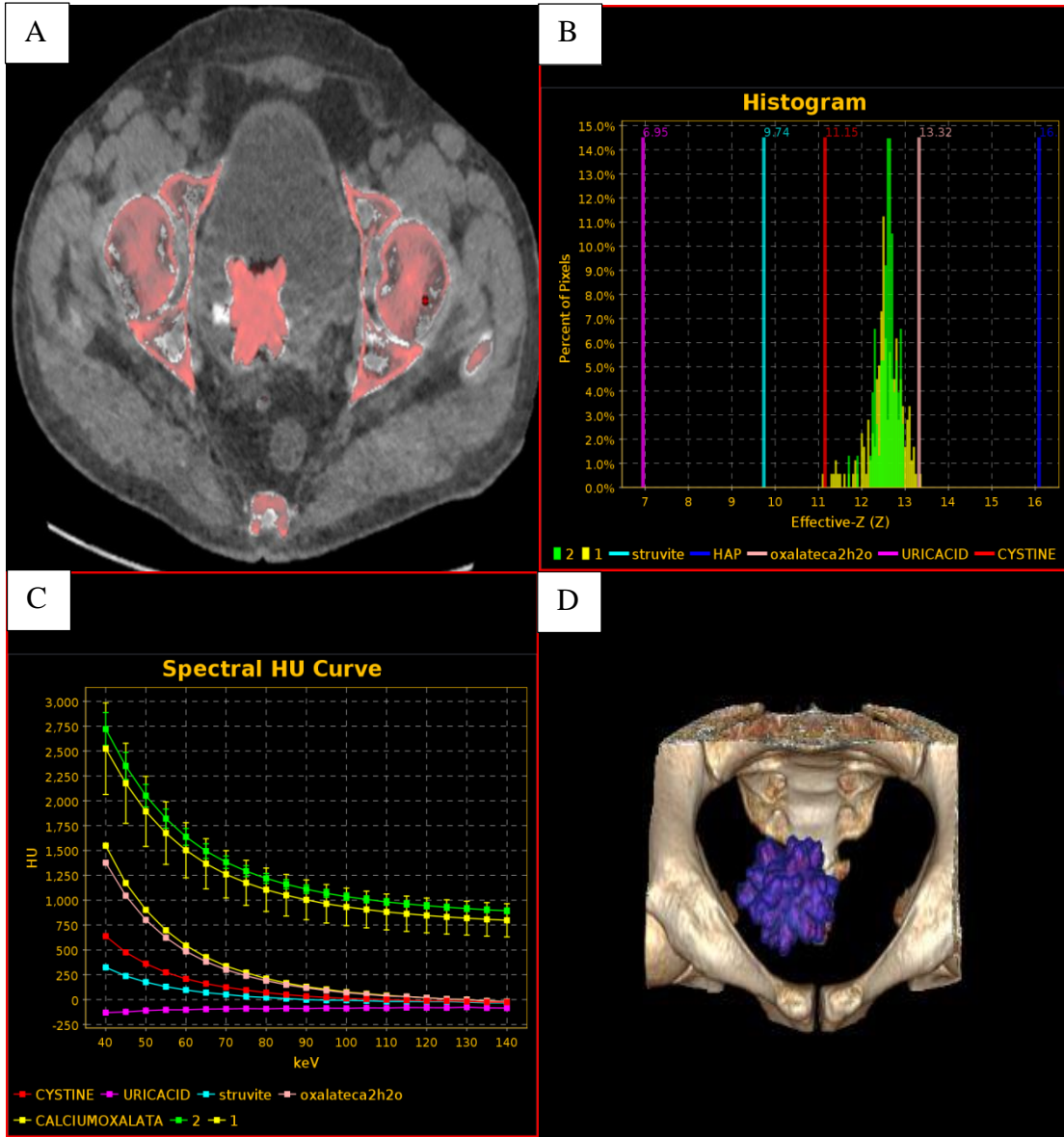
Şekil 4.8. Sistin taşı A: Sağ böbrek pelvis yerleşimli taşa renk kodlamalı haritada santraline yerleştirilmiş ROI izleniyor B: Etkin atom numarası grafiği C: Ürik asit baskılamalı harita D: Sistin bakılamalı harita

Olgu 6:



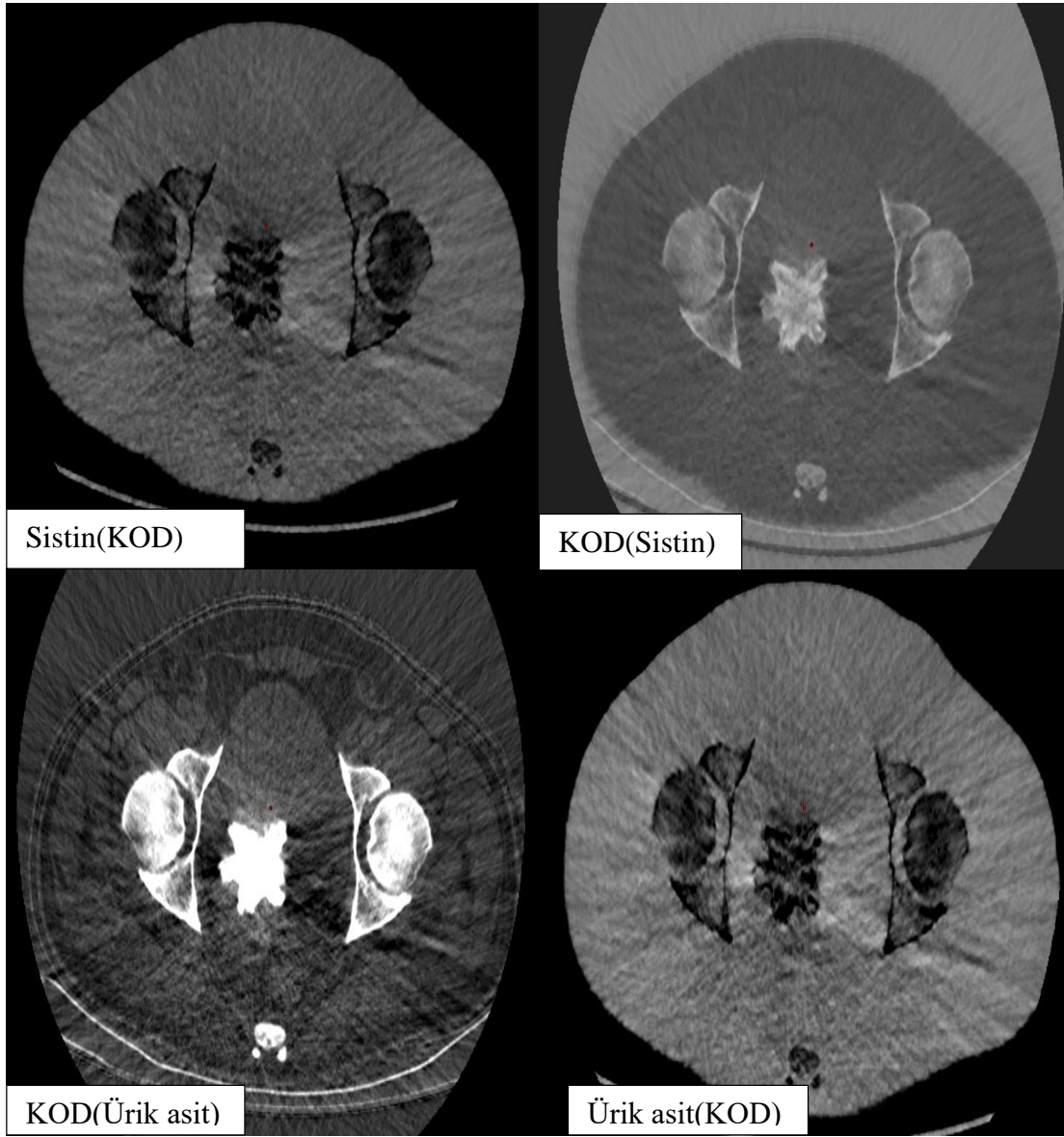
Şekil 4.9. Ürik asit ve kalsiyum okzalat dihidrat taşı. A: Bilateral böbrekte pelvis yerleşimli taşlar izleniyor B: Renk kodlamalı haritada taşların santraline yerleştirilmiş birer adet ROI izleniyor C: Etkin atom numarası grafiği D: Spektral HU grafiği

Olgu 7a:



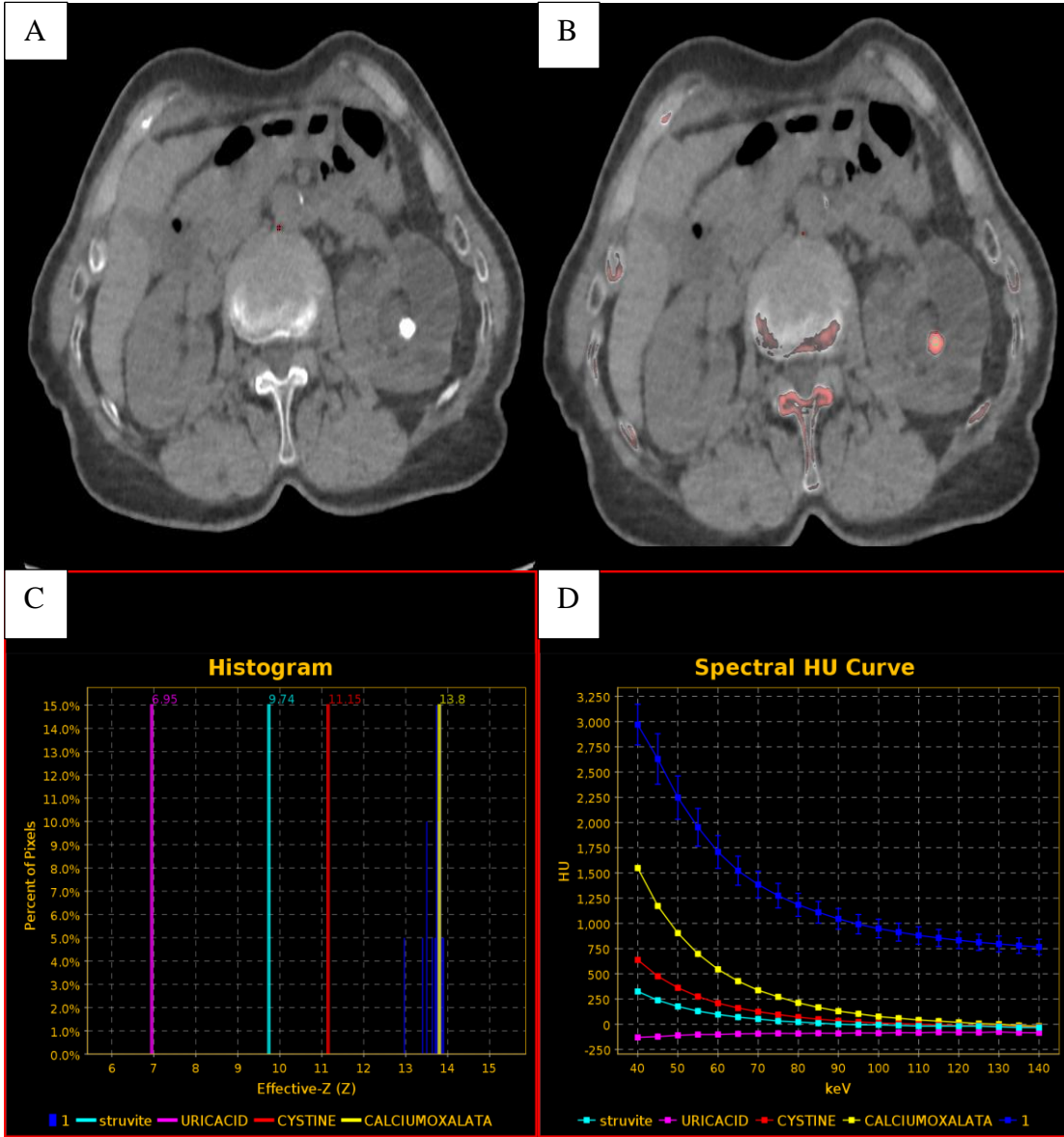
Şekil 4.10a. Kalsiyum okzalat dihidrat taşı. A: Renk kodlamalı haritada mesane yerleşimli taş izleniyor B: Etkin atom numarası grafiği C: Spektral HU grafiği D: Mesanedeki taşın 3 boyutlu görünümü

Olgu 7b:



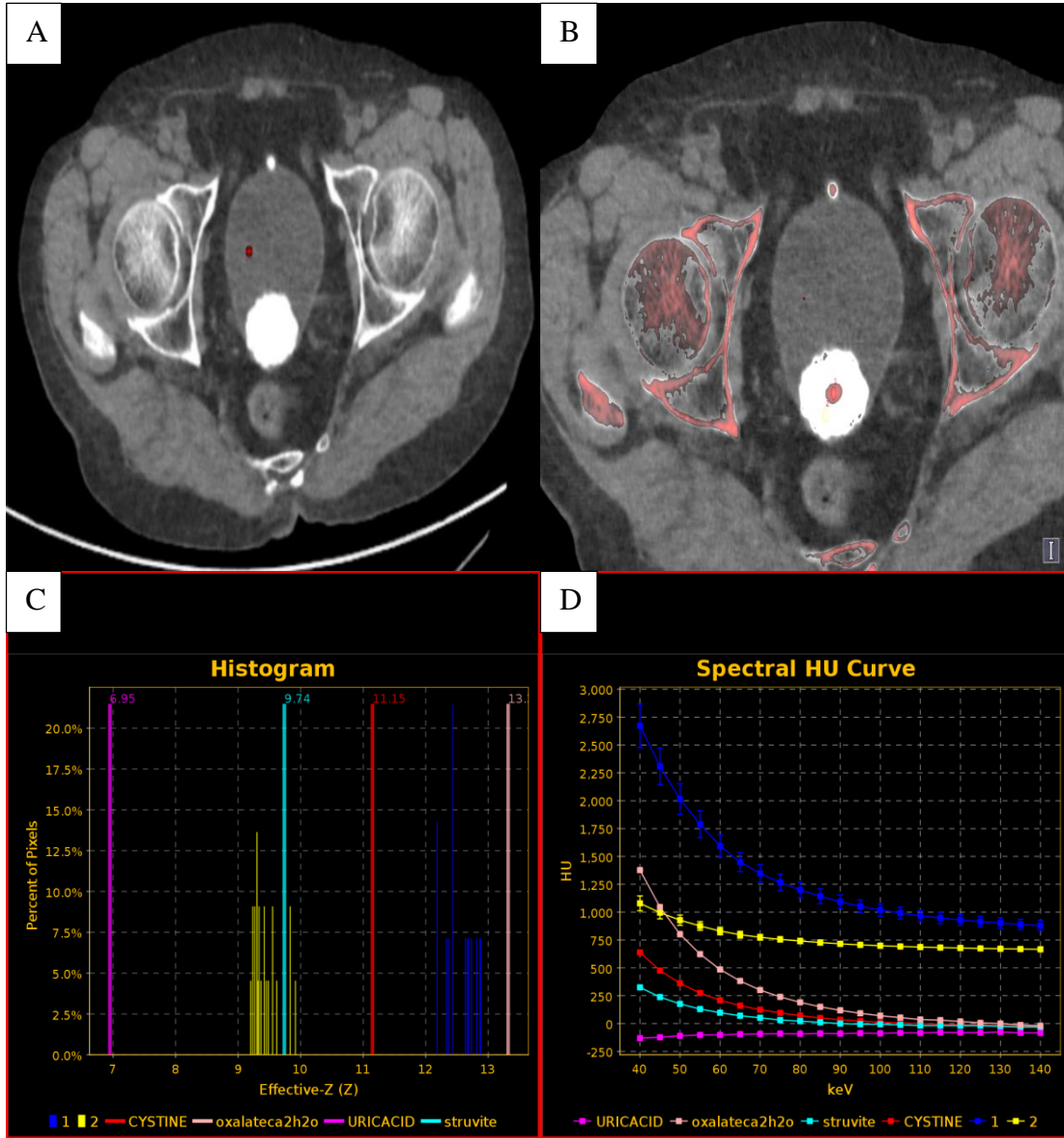
Şekil 4.10b. Kalsiyum okzalat dihidrat taşı.Mesane yerleşim gösteren KOD taşının sistin ve ürik asit taşlarının materyal baskılama tekniği ile haritalanması

Olgu 8:



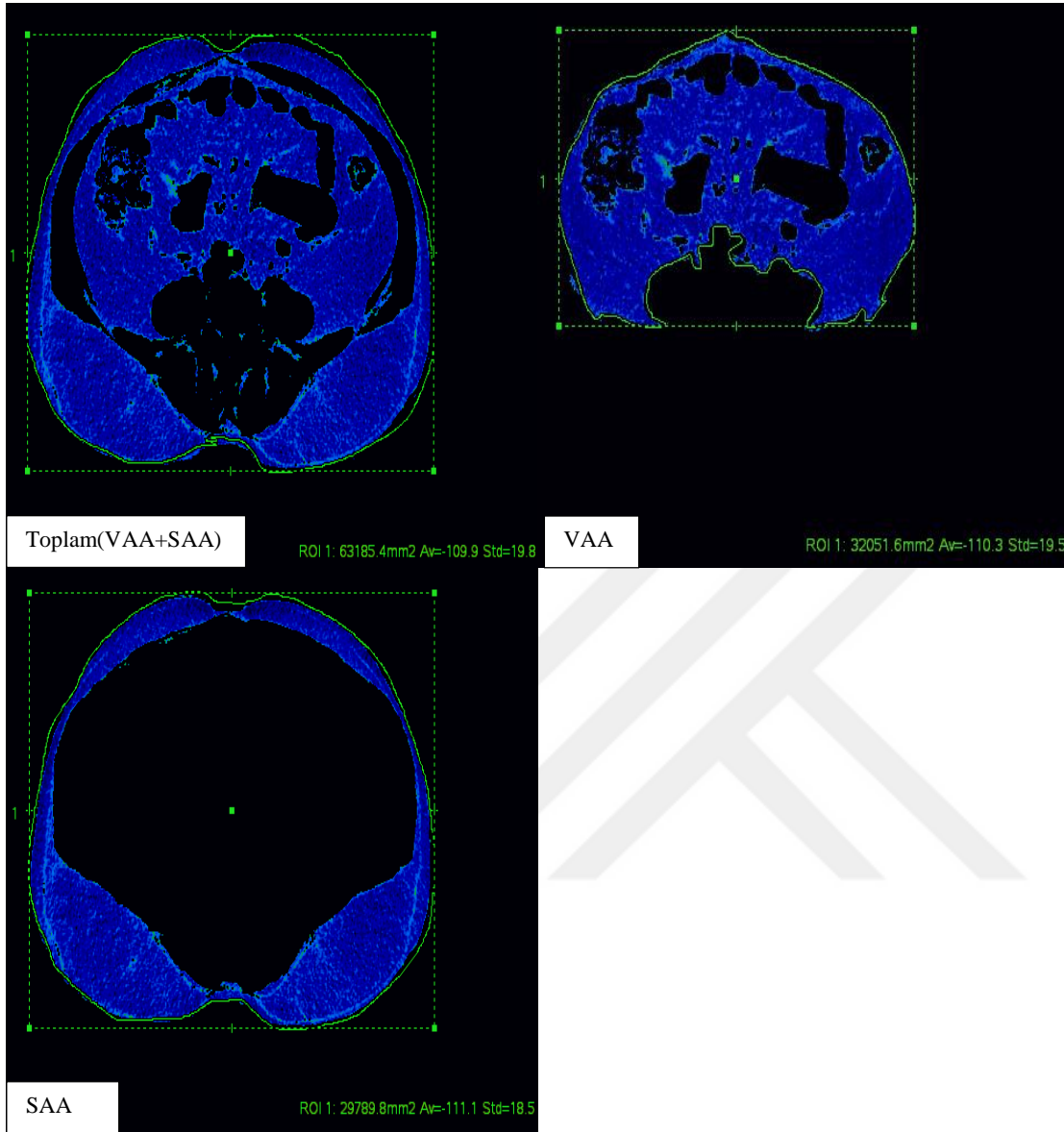
Şekil 4.11. Kalsiyum okzalat monohidrat taşı. A: Sol böbrek orta kesimde kalıkste taş izleniyor B: Renk kodlamalı haritada taş santraline yerleştirilmiş ROI izleniyor C: Etkin atom numarası grafiği D: Spektral HU grafiği

Olgu 9 :



Şekil 4.12. Mikst taş(struvit ve KOD). A: Mesanede taş izleniyor B: Renk kodlamalı haritada taş santraline yerleştirilmiş iki adet ROI izleniyor C: Etkin atom numarası grafiği D: Spektral HU grafiği

Olgu 10:



Şekil 4.13. Total adipoz doku alanı, Visseral adipoz doku alanı(VAA), Subkütan adipoz doku alanı(SAA)

5. TARTIŞMA

Gelişmiş ülkelerde üriner sistem taş hastalığı sıklığı %4-20 olarak raporlanmış olup , taşı olan hastaların %50-70 i yaşamları boyunca nüks ediyor(117,118).

Genel olarak böbrek taşları kompozisyonlarına göre % 70 kalsiyum taşları, %15-20 infeksiyon taşları (strüvit ve magnezyum amonyum fosfat), %5-10 ürik asit taşları, %1-5 sistin taşları olarak dağılım gösterirler (119). Üriner sistem taş hastalığı değerlendirilmesinde hastanın anamnezi, fizik muayene bulguları, laboratuvar tetkikleri önemli bilgi sağlamakla birlikte ayırıcı tanının yapılmasında ve kesin tanı konmasında görüntüleme yöntemleri önem kazanmaktadır.

Tedavi öncesi taş içeriğinin tahmin edilmesi, üroloğun hastaları taş dansitesine göre gruplamasını ve buna göre tedavi etmesini sağlar. Örneğin ürik asit taşları oral medikal tedavi ile tedavi edilebilir. Taşların dansitesi arttıkça ESWL ile parçalanması zorlaşır. Bu nedenle yüksek dansiteli taşı olan hastalar ESWL'den çok endoskopik olarak tedavi edilebilir. Özellikle kalsiyum oksalat monohidrat ve sistinden oluşmuş taşlar tipik olarak ESWL ile parçalanmazlar. Bu tip taşlarda ESWL denenmemesi ile maliyet azaltılır, zaman kazanılır ve hasta morbiditesinin azalması sağlanır. Sistin taşları ESWL'ye dirençlidir ve bu tür hastalar doğrudan URS veya PNL gibi girişimsel yöntemler ile tedavi edilir .Kalsiyum taşları toplumda en sık görülen taşlardır ve bunların çeşitli alt tipleri vardır. Bunlar kalsiyum oksalat monohidrat (KOM) (en yaygın), kalsiyum oksalat dihidrat (KOD), hidroksiapatit (kalsiyum fosfat), ve kompleks yapıdaki kalsiyum taşlarıdır. Bunların içerisinde KOM, ESWL'ye en dirençli olanıdır. KOD ve hidroksiapatit (kalsiyum fosfat) ise ESWL'ye duyarlıdır. Görüldüğü gibi taş tiplerine göre tedavi yöntemleri farklılık göstermektedir.

Literatürde taş analizi ile ilgili in vivo ve in vitro çalışmalar bulunmaktadır. İn vitro çalışmalardan Mostafavi ve ark. 120 kV ile çekilen BT'de saf taşların kimyasal içeriğini ürik asit, struvit ve kalsiyum oksalat taşları şeklinde ayırt etmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında dual enerji kullanarak sistin, brushite ve kalsiyum oksalat gibi benzer dansiteli taşların da ayırt edilebileceğini belirtmişlerdir(120).

İN vivo çalışmalardan Nakada ve ark. yaptıkları bir çalışmada 82 kalsiyum oksalat ve 17 ürik asit taşı tespit etmişlerdir. Ancak araştırmacılar bu çalışmalarında

mikst olarak nitelendirilen içeriği baskın karakterde olmayan taşları çalışmaya dahil etmemişlerdir. Çalışmalarında kalsiyum oksalat için ortalama HU değeri 652 ± 490 ve ürik asit için ortalama HU değeri 344 ± 152 olarak bulmuşlardır . Bu sonuç ile her iki taş grubunu ayırt etmede HU değerlerinin taşın karakterini belirlemede ilk planda dikkat çekici bir kriter olmadığı sonucuna varmışlar.

Çalışmamızda yer alan vakalar demografik özellikleri açısından incelendiğinde, ÜSTH saptanan olguların %62'sini erkek, %38'ünü ise kadın hastalar oluşturmaktaydı. Karabacak ve ark (2013), Türkiye'de tek merkezde ÜSTH olan 6453 vaka üzerinde yaptıkları çalışmada, hastalarının %68.3'ünün erkek, %31.7'sinin ise kadın cinsiyette olduğunu saptamışlardır. Bu değerler bizim çalışmamızda saptadığımız cinsiyeti göre taş prevalansı değerleri ile örtüşmektedir.Cho ve ark. tarafından Güney Kore'de yaptıkları 712 ÜSTH hastası üzerindeki çalışmada taş hastalığı ve cinsiyet arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır(133).Ancak Doudon ve arkadaşlarının yaptığı 10 617 ÜSTH hastası çalışmasında erkeklerde taş hastalığı riski yüksek bulunmuştur(134).Yaptığımız çalışmada cinsiyetin taş riski üzerine anlamlı ilişki bulunmadı.

Kalsiyum taşları dünyada en sık görülen taşlardır. Hiperkalsiüri kalsiyum taşların oluşumunda en önemli faktördür. Literatürde yayınlanmış çalışmalarda kalsiyum taşlarının prevalansı Hindistan ve Çin gibi Asya ülkelerinde %93, Amerika Birleşik Devletleri'nde ve Fransa, İspanya gibi Avrupa ülkelerinde %74.8, Nijerya gibi Afrika ülkelerinde ise %55 olarak bildirilmiştir (121-123). Karabacak ve ark (2013) ise kalsiyum taşlarının prevelansını Türkiye'de tek merkezde yaptıkları çalışmada %80.4 olarak saptamışlardır. Biz de çalışmamızda tüm kalsiyum taşlarının prevelansını %78 olarak saptadık(mikst taşlar dahil).Bu iki çalışmada değerler birbiriyle örtüşmektedir.

Kalsiyum taşlarından sonra en sık görülen taş tipi ürik asit taşlarıdır. Etyolojisi tam olarak bilinmemekle birlikte, ürik asit metabolizması ve ekskresyonundaki yetersizlik, düşük idrar PH seviyesi, ürik asit taşı oluşumunun temel nedenleri olarak görülmektedir. Ayrıca hiperürükozüri, proteinden zengin bir diyet ile ilişkili önemli bir risk faktörüdür. Yapılan çalışmalarda ürik asit taşlarının prevalansı Almanya'da %17-25, Amerika Birleşik Devletleri'nde %5-9.7, İsrail'de %18-40,

Hindistan'da %0.95, Çin'de %1.9 ve Türkiye'de %4.27 olarak bildirilmiştir (121-124). Çalışmamızda biz tüm taş hastaları içerisinde ürik asit taşlarının oranını %5.5 olarak hesapladık. Karabacak ve arkadaşlarının yaptığı çalışmayla benzerlik göstermektedir.

Sistin taşları, otozomal resesif geçiş gösteren genetik bir hastalık olan ve çocukluktan başlayan tekrarlayan taş hastalığına neden olan sistinüri hastalığına bağlı olarak oluşur. Karabacak ve ark (2013) sistin taşlarının görülme sıklığını Türkiye'de tek merkezde yaptıkları çalışmada %3.08 olarak bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda sistin taşları tüm hastaların %12,5'ünü oluşturmaktaydı. Bu değer yüksek çıkmasını bölgemizde akraba evliliği yaygın olması ve dolayısıyla genetik hastalıkların çok olmasına bağladık.

Kontrastsız konvansiyonel BT ile üreter taşların varlığını, yerleşimini ve boyutunu saptamak mümkündür. Taşın bileşimini konvansiyonel BT saptamak için geçmişte in-vitro çalışmalar yapılmış olsa da, yapılan in-vivo çalışmalar taşın tipini saptamada konvansiyonel BT'nin anlamlı sayılabilecek düzeyde faydalı olmadığını göstermiştir(125).Günümüz teknolojisindeki gelişmelerle artan bir hızla klinik kullanıma giren dual enerji BT sistemleri, aynı anatomik lokalizasyondan aynı anda yüksek ve düşük enerjili olmak üzere iki farklı x-ışını spektrumunda, iki farklı görüntü elde edeceğinden, lezyonların iç yapısının incelenmesinde daha detaylı bir bilgi sunmaktadır (140). Kontrastsız BT ile tek fazda tarandığında benzer attenüasyon değerleri nedeniyle birbirinden kolaylıkla ayrılamayacak olan farklı yapıdaki taşlar da; dual BT'de yüksek ve düşük enerjili ışınlar gönderildiğinde oluşan farklı attenüasyon değerleri nedeniyle birbirlerinden ayırt edilebilirler. Benzer şekilde, iki ayrı enerji değeriyle, iki taramayla elde edilen görüntülerle kıyaslandığında bu sistemde elde edilen görüntüler tek fazda aynı noktadan edinilmektedir. Bu nedenle görüntüler birbirleriyle karşılaştırılırken hareket artefaktından etkilenmemektedir. Düşük ve yüksek enerji kaynaklı BT görüntüleri sunan DEBT görüntüleme, tek enerji görüntü serisi ile karşılaştırıldığında, piksel-piksel atenüasyon profil işlenmesini kolaylaştırır. Böylece, ince kesit, düşük pitch'li DEBT, taş karakterizasyonu için gelişmiş piksel-piksel post-proçes algoritmalarının kullanımını sağlar, yani taşın kimyasal kompozisyonunun belirlenmesi kolaylaştırır.

DEBT böbrek taşlarını(enaz 3 mm boyutunda) ürik asit taşı veya ürik asit taşı olmayan olarak ayırmada sensitivite ve spesifitesi %100 dür(138,139).

DEBT'nin son yıllarda kullanıma giren yeni bir teknoloji olması sebebiyle literatürde DEBT ile ilgili ve özellikle DEBT'nin üriner sistem uygulamaları ile ilgili yapılmış çalışmalar sınırlıdır. Boll ve arkadaşları 50 üriner taş üzerinde yaptığı çalışmada, taşı elde edilen hastalarda, taş dış ortamda fantom bir böbrek modeli oluşturularak konvansiyonel tek tüplü BT ve DEBT ile taranmış ve taşın analizi yapılmıştır. Tek enerji ve DEBT analiz sonuçları in-vitro analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır(126). Boll ve ark, DEBT taş analizi sonuçlarını, sadece dansiteye dayanan konvansiyonel BT sonuçları ile karşılaştırdıklarında, DEBT'nin taş tipini saptamada anlamlı bir şekilde üstün olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmada taşların vücut dışı bir ortamda fantom bir böbrek modeli oluşturularak değerlendirilmesi ise bir dezavantajdır.

Li XH ve arkadaşlarının yaptıkları hayvan deneyi çalışmasında, hastalardan elde edilmiş 210 adet üriner sistem taşını, in vivo ortama benzerlik sağlayabilmek amacıyla hayvanlardan elde edilen 35 böbreğe, her bir böbreğe altışar taş olacak şekilde yerleştirmişlerdir. Hayvan böbreklerini in-vitro ortamda 10 cm derinlikteki serum fizyolojik içeren tanklara koyarak DEBT ile tetkik etmişlerdir. İn-vitro analiz yaparak sonuçlar karşılaştırıldığında, DEBT ile taş tipinin anlamlı bir şekilde doğru olarak saptanabildiğini göstermişlerdir. Yaptıkları bu çalışmadaki limitasyonları, her ne kadar gerçeğe yakın dizayn etselerde yapay bir in vivo ortam oluşturmuş olmaları ve kalsiyum oksalat taşı subgrup ayırımının yapılamaması olarak belirtmişlerdir(127).

Liu Yu ve ark (2013), toplam 61 hastada kalsiyum oksalat ve hidroksiapatit taşlarının DEBT atenüasyon verilerini, idrardaki supersatürasyon değerleri ve idrar pH'sı değerleri ile karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada idrardaki kalsiyum oksalat ve hidroksiapatit supersatürasyon değerlerinin DEBT ile saptanan taş tipi ile uyumlu olduğunu, idrar pH'sının ise taş tipini tahmin etmede zayıf bir belirteç olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca DEBT verileri ile idrar supersatürasyon ve pH verileri birlikte değerlendirildiğinde, bu iki taş tipini ayırt etmede performans artışı sağlanmadığını da bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da taş tipleri ve hastaların idrar pH'ı arasında anlamlı farklılık saptamadık.

Diomidis ve ark (2014)'nın yaptığı çalışmada, hematüri şikayeti olan ve taş saptanan 23 hasta, BT ürografi protokollü DEBT ile değerlendirilmiştir. Taşı daha iyi değerlendirebileceklerini düşündükleri için bu çalışmada hastalara üriner sistem dilatasyonunu sağlamak amacıyla intravenöz yoldan furosemid de verilmiştir. DEBT'nin görüntüden kontrastı (iyotu) çıkarıp sanal kontrastsız görüntü elde etme özelliğini kullanarak, kontrastlı olarak yapılmış incelemede de taşların saptanabildiğini göstermişlerdir. DEBT ile taşları, ürik asit taşları ve ürik asit dışı taşlar olarak sınıflandırmışlardır. Bu çalışmada DEBT analiz sonuçları referans bir in-vitro analiz ile karşılaştırılmamıştır. BT ürografi istenen ve taşı olan hastaların, ek kontrastsız incelemeye gerek kalmaksızın, DEBT ile kontrastlı görüntülerden sanal kontrastsız görüntüler elde ederek, taşın saptanabildiğini ve in vivo analizinin yapılabildiğini göstermişlerdir.

Acharya ve ark, kalsiyum oksalat taşının alt tipleri olan KOM ve KOD taşlarının da atenüasyon oranına göre in-vivo olarak ayırt edilebildiğini ilk olarak bildirmişlerdir. KOM taşlarının, DE atenüasyon oranı cut-off değeri <1.38 olarak kabul edildiğinde %65 duyarlılık ve %82 özgüllük ile, <1.33 olarak kabul edildiğinde ise %100 duyarlılık ve özgüllük ile tespit edilebildiğini bildirmişlerdir(128). Fakat bu çalışmada, hidroksiapatit taşlarını çalışma dışı bıraktıkları için KOD taşlarının atenüasyon oranı range değerlerinin hidroksiapatit taşı değerleri ile kesişip kesişmediğini saptayamamışlardır. Yine de ESWL'ye dirençli olan KOM taşlarını ayırt edebilme bakımından çalışmayı klinik olarak faydalı bulmuşlardır.

Obezite prevalansı her geçen gün atmakta olup 2005 yılında yapılmış bir çalışmada dünya üzerinde 700 milyon obez ve 2,25 milyar fazla kilolu insan bulunmaktadır(135). Yapılan birçok prospektif çalışmada obezitenin taş hastalığı insidansını arttırdığı ortaya konulmuş(136,137). Bu nedenle çalışmamıza dahil ettiğimiz bir diğer parametre taş hastalığı ve visseral obezite arasında ilişki olup olmadığıdır. Tek yönlü varyans analizle yaptığımız incelemede anlamlı bir farklılık saptamadık. Akarken ve ark. BT de taşı tespit edilen 149 hasta ile sağlıklı 139 hastanın umbilikal seviyede geçen kesitte visseral adipoz doku alanları ölçülmüşlerdir. Yaptıkları karşılaştırmalı analizde visseral obezitenin taş riski oluşturduğunu saptamışlardır(132).

DEBT'de Radyasyon Dozu

Literatürde DEBT'de, tek tüplü konvansiyonel BT sistemlerine göre, hastanın aldığı efektif dozun arttığını ya da değişmediğini gösteren kısıtlı sayıda çalışmalar yapılmıştır. Söz konusu çalışmalarda DEBT ile saptanan en yüksek doz artışının dahi birinci jenerasyon DEBT ile %30'u geçmediği görülmüştür (129). Biz çalışmamızı ikinci jenerasyon DEBT cihazı ile yapmamıza rağmen, radyasyon dozu ile ilgili yapılan çalışmaların henüz yeterli olmadığını düşündüğümüzden radyasyon doz azaltıcı parametrelerle minumuma getirdik.

Şu ana kadar yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalar göstermektedir ki; ilk jenerasyona göre, ikinci jenerasyon DEBT cihazları ile efektif dozlarda belirgin azalma sağlanmıştır. Fakat bu bulgular daha fazla sayıda çalışmalarla doğrulanmalıdır.

Bize göre; DEBT ile radyasyon dozunda küçük artışlar olsa dahi, bu durum kontrastsız görüntülerin elimine edilmesi ile dengelenebilir ya da yarar-zarar dengesi düşünüldüğünde, sağladığı eşsiz bilgilerin yanında radyasyon dozundaki küçük artışlar ihmal edilebilir. Bunun yanısıra DEBT verilerinin konvansiyonel BT verilerine göre yüksek bilgi içermesi ve çok çeşitli post-proçes tekniklerin uygulanabilmesindeki esnekliği sayesinde DEBT, radyasyon dozunu konvansiyonel BT protokollerinden bile daha düşük hale getirmek için yeni yollar açabilir.

Limitasyonlar

Çalışmamızda bazı limitasyonlar bulunmaktaydı. Günümüzde her ne kadar eski jenerasyon BT'lere göre radyasyon dozları düşmüş olsa da, pediatrik hastalarda üriner sistem taşlarının saptanmasında USG halen ilk tercih görüntüleme yöntemi olarak kullanılmaktadır. BT ise içerdiği radyasyon sebebiyle pediatrik hastalarda tercih edilmemektedir. Pediatrik hastalarda taş tipini saptamak için DEBT'nin kullanılıp kullanılmaması konusu tartışmalıdır.

Üriner sistem taşlarının in-vitro analizinin yapılmasında ıslak kimyasal analiz, termogravimetri, optik polarize mikroskopi, taramalı elektron mikroskopisi ve spektroskop gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde en güvenilir olarak kabul edilen yöntem spektroskopinin bir çeşidi olan infrared spektroskopidir. Islak kimyasal analiz yöntemi ise laboratuvarlarda taş analizi için en yaygın kullanılan

yöntemdir. Bu yöntemler hastanemizde bulunmadığından biyokimyasal karşılaştırmayı sağlayamadık.

Diğer bir limitasyon, DEBT ile miks yapıdaki taşların bileşimini oluşturan maddeleri ayrı ayrı saptayabilmek mümkün olmamaktadır. Bu tür taşlarda atenüasyon oranı, taşın bileşiminin büyük bölümünü oluşturan materyale yakın olarak elde edilmekte ve sonuçta taş buna göre tiplendirilerek analiz edilmektedir. Ayrıca kalsiyum okzalit mono hidrat ve kalsiyum okzalit dihidratın alt tipleri olan karbonat apatit, dikalsiyum fosfat dihidrat ve kalsiyum karbonat olarak tiplendirememek bir limitasyon olarak görüldü. Bu farklı alt tipler için ileri çalışmalar gerekmektedir. DEBT teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte gelecekte, miks yapıdaki taşların bileşimini oluşturan maddeleri ayrı ayrı saptayabilmek mümkün hale gelebilir. Diğer bir limitasyon olarak şu anki DEBT teknolojisi ve post-proçes analiz yazılımları ile üriner sistem taşlarından hidroksiapatit, kalsiyum oksalat, sistin ve ürik asit olmak üzere, sadece dört taş tipini birbirinden ayırt etmek mümkün olmaktadır. Gelecekte çoklu enerjili BT'ler, üst düzey filtrasyon yöntemleri, dedektör teknolojisindeki gelişmeler ve gelişmiş post-proçes analiz algoritmaları ile daha nadir görülen diğer taş tiplerini saptayabilmek ve subgrup ayrımlarını yapabilmek mümkün olabilecektir. Bu konularda ileride daha gelişmiş cihaz ve teknikler ile yapılacak yeni çalışmalara ihtiyaç olacaktır.

6. SONUÇ

ÜSTH toplumda sık görülen bir hastalıktır. Üriner taşların yapısına göre oluşum mekanizmaları ve tedavileri farklılık göstermektedir. Bu sebeple üriner sistem taşlarının tipini saptayabilmek, tedavi planlanmasında ve koruyucu önlemlerin alınabilmesinde kilit bir rol oynamaktadır. İn-vitro analiz ile üriner taşların tipi saptanabilir, fakat her hastada taşı in-vitro olarak elde etmek mümkün değildir. DEBT teknolojisi ile üriner taşların in vivo analizini yapabilmek mümkün hale gelmiştir. DEBT'nin ÜSTH olan hastalarda, taş tipini saptayarak tedavinin kişiselleştirilmesine ve optimize edilmesine büyük katkı sağlayacaktır.

7. KAYNAKLAR

1. Park JM, Bloom DA. The pathophysiology of UPJ obstruction, current concepts. *Urol Clin North Am.* 1998; 25:161-169.
2. Coplen DE, Ortenberg J. Early development of the genitourinary tract. In: Gillenwater JY, Grayhack JT, Howards SS, Mitchel ME. *Adult and Pediatric Urology.* 4th ed. Volume 3. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2002; 2042-2044.
3. Alcazar A, Vinaixa F, Tejedo-Mateu A, et al: Obstruction and recanalization of the ureter during embryonic development. *J Urol* 1991; 145: 410-416.
4. Dunnick NR, Sandler CM, Newhouse JH, Amis ES. *Textbook of Uroradiology.* 3rd ed. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins, 2001
5. Koff SA. Pathophysiology of ureteropelvic junction obstruction: Clinical and experimental observations. *Urol Clin North Am.* 1990; 17: 263-272.
6. Faller A, Schünke M. *The human body: an introduction to structure and function.* Newyork:Georg Thieme Verlag; 2004.pp.444-460.
7. Kahle W, Leonhardt H, Platzer W. *Color Atlas and Textbook of Human Anatomy: Internal organs.* Newyork: Georg ThiemeVerlag; 2004.pp.253-265.
8. Arıncı K, İlhan A. *Anatomi 1.cilt iç: Ürogenital Sistem* Ankara: Güneş Kitabevi; 2001. s.311-317.
9. Sanders RC, Winter T. *Clinical Sonography A Practical Guide.* Philadelphia:Lippincott Williams Wilkins; 2007.p.40-44.
10. Netter FH; *Anatomy, Structure and Embryology of Kidneys, Ureters and Uninary Bladder.* The CIBA Collection of Medical Illustration, CIBA Pharmaceutical CO Vol 6;1987; 2-35.
11. Uribarri J, Oh MS, Carroll HJ: The first kidney stone. *Ann Intern Med.* 1989; 111:1006- 1009.
12. Saftel A, Resnick MI. Metabolic Evaluation of Urolithiasis. *Urol Clin North Am.* 1990; 7: 159.

13. Göğüş O, Anafarta, Bedük Y., Arıkan N (eds) Temel Üroloji. Güneş Kitabevi. Ankara, 1998; 559-604.
14. Akıncı M, Esen T, Tellaloğlu S. Urinary Stone Disease in Turkey: An updated epidemiological study. Eur Urol. 2003; 20:200.
15. Menon M, Parulkar BG, Drach GW, Urinary Lithiasis. Etiology, Diagnosis, and Medical Management; in: Walsh PC. Retik AB. Vaughn ED. Wein AJ (eds): Campbell's Urology 1998; vol.3, 2661-2733.
16. Drach GW. Urinary Lithiasis: Etiology, Diagnosis and Medical Management, in Walsh PC, Retik AB, Stamey TA, Vaughn ED (eds): Campbell's Urology. 1992; 6th ed, vol 3, Philadelphia, Saunders
17. Borghi L, Ferretti PP, Elia GF, et al. Epidemiological study of urinary tract stones in a Northern Italian City. Br J Urol. 1990;65:231-235.
18. Pearle MS, Calhoun ES, Curhan GC. Urologic Diseases In America Project: Urolithiasis The Journal of Urology. 2005;173:848-857.
19. Hesse A, Siener R. Current aspects of epidemiology and nutrition in urinary stones. World J Urol. 1997;15:165-71.
20. Yılmaz C. Ultrason Cilt 1 İstanbul: Nobel Matbaacılık; 2008. s.133-136.
21. Trinchieri A. Epidemiology of urolithiasis. Arch It Urol. 1996;68:203-49.
22. Adayener C, Akyol I, Şen B, ve ark. Tekrarlayan Taş Hastalığında Biyokimyasal Risk Etkenlerinin Değerlendirilmesi. Türk Üroloji Dergisi. 2007;33(2):205-212.
23. Tiselius HG. Epidemiology and medical management of stone disease. BJU International. 2003;91(8) :758-767.
24. Girija EK, Kalkura SN, Sivaraman PB, Yokogawa Y. Mineralogical Composition of Urinary calculi from southern India. Journal of Scientific Industrial Research. 2007;66:632-639.
25. Anafarta K, Yaman Ö. Campbell's Urology Ankara: Güneş Kitabevi; 2005 s.3229-323

26. Portis AJ and Sundaram CP. Diagnosis and Initial Management of Kidney Stones. *American Family Physician*. 2001;63(7):1329-1338.
27. Grases F, Costa-Bauza A, Prieto RM. Renal lithiasis and nutrition. *Nutrition Journal*. 2006; 5:23 doi:10.1186/1475-2891-5-23.
28. Whitfield HN. The management of ureteric stones. Part I: diagnosis *BJU International*. 1999;84:911-915.
29. Dawson C, Whitfield HN. ABC of Urology. In:Urinary tract stone disease. Massachusetts: Blackwell Publishing Ltd; 2006.pp.37-39.
30. Girija EK, Kalkura SN, Sivaraman PB, Yokogawa Y. Mineralogical Composition of Urinary calculi from southern India. *Journal of Scientific Industrial Research*. 2007;66:632-639.
31. Öner A. Üriner Sistem Taş Hastalığı İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri Sempozyum Dizisi No: 68, İstanbul:Doyuran Matbaası;2009.s. 11-41
32. McDonald MW, Stoller ML. Urinary stone disease: a practical guide to metabolic evaluation. *Geriatrics*. 1997;52(5):38-52
33. Parks JH, Coward M, Coe FL. Correspondence between stone composition and urine supersaturation in nephrolithiasis. *Kidney International*.1997;51:894-900.
34. Pearle MS, Nakada SY. Urolithiasis Medical and Surgical Management. <http://kidney.niddk.nih.gov/statistics/uda/Urolithiasis-Chapter08.pdf> [09/08/09]
35. Talner LB. Obstructive uropathy In: Pollack (ed) *Clinical urography*. Saunders, Philadelphia 1990; 1535-1536.
36. Kazancı G, Genel Üroloji Nobel Kitabevi: İstanbul; 2009 s.246- 270.
37. Müslümanoğlu AY, Esen T, Tefekli A. Üriner Sistem Taş Hastalığı İstanbul: Nobel Matbaacılık; 2007 s.115-116.
38. Brady HR. Brenner BM. Lieberthal W. Acute renal failure. In: Brenner BM, ed. *Brenner's and Rector's the kidney*. 5th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996.p.1200-1249.

39. Thomas WJ. Renal Calculi A Guide to Management USA; 1976. s.20-26.
40. Federle P M, Fishman E, Jeffrey B R, Anne S V. Pocket radiologistabdominal. Amirsys-W.B.Saunders Company. Cev: Basak M, Erturk M. Nobel Tıp Kitabevleri İstanbul 2004, s: 305.
41. Daudon N, Dore JC, Jungers p, et al: Changes in Stone composition according to age and gender of patients:a multivariate epidemiological approach. Urol Res. 32:241-247, 2004
42. Chanhoke PS: When is medical prophylaxis cost-effectivite for recurrent calcium stones? J Urol. 168: 937-940, 2002
43. Hesse A, Tiselius H-G, Jahnen A (eds):Calcium phosphate stones Urinary Stones.Basel,Karger, 2002, pp 92-113
44. Klee LW, Brito CG, Lingeman JE.The clinical implications of brushite calculi.J Urol. 145:715-718.1991
45. Hesse A, Heimbach D. Causes of phosphate Stone formation and importance of metaphylaxis by urinary acidification: a review. World J.Urol. 17:308-315,1999
46. Michaels EK.Surgical treatment of struvite stones. In:Coe FL, Favus MJ, Parks JH, Preminger GM(eds).Kidney Stones, medical and surgical treatment.Lippincott- Raven,Phihadelphia, 33-64,1996
47. Gettman MT, Segura JW. Struvite Stones: Diagnosis and Current Treatment Concepts. J Endourol.1999; 13: 653
48. Stoller ML, Bolton DM: Urinary Stone Disease. Smith's General Urology, Tanagho EA, Mc Aninch JW, Seventeenth Edition, Mc Graw-Hill Company. 2004; 246-77.
49. Ödev K. Radyolojik teknik ve endikasyonlar. Üriner sistem radyolojisi. Konya: Atlas Tıp Kitabevi, 1992. İstanbul 2002, s: 230.
50. Kasidas GP, Samuell CT, Weir TB. Renal stone analysis: why and how? Ann Clin Biochem.2004;41:91-7.

51. Sun BY-C, Lee Y-H, Jiaan B-P, Chen K-K, Chang LS, Chen K-T, Recurrence rate and risk factors for urinary calculi after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 1996;156:903-6
52. Henderson MJ. Stone analysis is not useful in the routine investigation of renal Stone disease. *Ann Clin Biochem* 1995;32:109-11
53. Lee HP, Leong D, Heng CT. Characterization of kidney stones using thermogravimetric analysis with electron dispersive spectroscopy. *Urol Res.* 2012;40:197-204.
54. Schubert G. Stone analysis. *Urol Res.* 2006 Apr;34:146-50.
55. Harada Y, Tomita T, Kokubo Y, Daimon H, Ino S. Development of an ultrahigh vacuum high resolution scanning transmission electron microscope. *J of Electron Microsc.* 1993;42:294- 304.
56. Borghi L, Meschi T, Amato F, et al. Urinary Volume, Water and Recurrences in Idiopathic Calcium Nephrolithiasis: A 5-year Randomized Prospective Study. *J Urol.* 1996; 155:839-43.
57. To K, Yiu M. Metabolic Aspects and Medical Treatment for Urinary Tract Stones. *Medical Bulletin.* 2009;10:30-3.
58. Pietrow PK, et al. Durability of The Medical Management of Cystinuria. *J Urol.* 2003;169:68.
59. Grocela JA, Dretler SP. Intracorporeal lithotripsy. Instrumentation and development. *Urol Clin North Am*, 24: 13-23, 1997.
60. Tobelem G, Economou C, Thomas J, Arvis G. Effects of chemical and radiographic factors on the treatment of renal lithiasis using extracorporeal external shock-wave lithotripsy. *Ann Urol.* 1987;21:362-7.
61. Tiselius HG, Ackermann D, Alken P, Buck C, Conort P, Gallucci M. Guidelines on urolithiasis. EAU guidelines. Edition presented at the 16th EAU Congress, Geneva, Switzerland, 2001.

62. Alon US, Srivastava T. Urolithiasis. In Kher KK, Schnaper HW, Makker SP. Clinical Pediatric Nephrology Informa Healthcare 2007; second edition:539-51.
63. Ford TF, Wickham EA. Transurethral ureteroscopic stone extraction. British Journal of Surgery. 1984; 71(10):777-8.
64. Başaklar AC. Çocuklarda Üriner Sistem Taşları. In: Basaklar AC. Bebek ve Çocukların Cerrahi ve Ürolojik Hastalıkları. Ankara, Palmiye Kitapevi, 2006;ss:1169-1185.
65. Ramakumar S, Segura JW. Renal calculi: Percutaneous management. Urologic Clinics of North America. 2000;27(4):617-22.
66. Osman M et al. Percutaneous nephrolithotomy with ultrasonography-guided renal access: experience from over 300 cases. BJU International. 2005; 96:875-78.
67. Rudnick DM, Stoller ML. Complications of percutaneous nephrostolithotomy. The Canadian Journal of Urology. 1999;6(5):872-5.
68. Roth R, Finlayson B. Observations on the radiopacity of stone substances with special reference to cystine. Invest Urol; 1973; 11; 186-189.
69. Ramakumar S, Patterson DE, LeRoy AJ, et al. Prediction of Stone composition from plain radiographs: A prospective study. J Endourol; 1999; 13:397-401
70. Grainger & Allison's Diagnostic Radiology. Radiology of the Upper Urinary Tract. <http://www.mdconsult.com/das/book/body/193325874-2/0/1611/45.html> [11/02/09]
71. Sandhu C, Anson KM, Patel U. Urinary Tract Stones-Part I: Role of Radiological Imaging in Diagnosis and Treatment Planning. Clinical Radiology. 2003;58:415-421.
72. Ceydeli N. Kontrastlı radyolojik tetkikler. Ceydeli N (Editör). Radyolojik görüntüleme tekniği. İzmir 2000.s.171-6.
73. Özkan R. Kontrastlı radyolojik incelemeler. Kaya T (Editör) .Temel radyoloji tekniği. Bursa: Güneş-Nobel,1997. s.292-6.

74. Fielding JR, Steele G, Fox LA, Heller H, Loughlin KR. Spiral Computerized Tomography in the Evaluation of Acute Flank Pain: A Replacement for Excretory Urography. *The Journal of Urology*; 1997; 157(6); 2071-2073.
75. Kılınç İ, Özmen C, Akay H, Uyar A. Üreter Taş Hastalığı Tanısında Ultrasonografi ve Kontrastsız Spiral Bilgisayarlı Tomografi Bulgularının Karşılaştırılması. *Dicle Tıp Dergisi*. 2007;34(2):82-87.
76. Middleton WD, Dodds WJ, Lawson TL, Foley WD: Renal calculi: sensitivity for detection with US. *Radiology* 1988 Apr; 167(1):239-44
77. Carol M. Rumack, MD, Stephanie R. Wilson, MD, J. William Charboneau, MD and Jo-Ann Johnson, MD. *Diagnostic Ultrasound, 3rd Edition, Chapter 9: The Urinary Tract*
78. Lee JY, Kim SH, Cho JY, Han D. Color and power doppler twinkling artifacts from urinary stones: clinical observations and phantom studies. *AJR* 2001; 176:1441-1445
79. Conkbayır I, Yanık B, Senyücel Ç, Hekimoğlu B. Renkli doppler ultrasonografide "twinkling" artefaktı. *Tamam ve Girişimsel Radyoloji* 2003; 9, 4407-410.
80. Hillman BJ, Drach GW, Tracey P, Gaines JA. Computed tomographic analysis of renal calculi. *Am J Roentgenol*. 1984; 142(3):549-52.
81. Bellin MF, Renard-Penna R, Conort P, et al. Helical CT evaluation of the chemical composition of urinary tract calculi with a discriminant analysis of CT-attenuation values and density. *Eur Radiol*. 2004; 14:2134-2140.
82. Tuncel E. *Klinik Radyoloji*. Bursa: Güneş-Nobel, 1994.
83. Adapınar B. *Temel radyoloji tekniği*. 3. baskı Güneş-Nobel, 1997:316-324
84. Mahesh M. Search for isotropic resolution in CT from conventional through multiple-row detector. *RadioGraphics* 2002; 22:949-962.
85. Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. *Radiology* 2000; 215:55-62.

86. Tuncel E. Klinik Radyoloji. Nobel Tıp Kitapevi, 2011.
87. Katada K. Half-second, half millimeter real time multislice helical CT: CT diagnosis using Aquillon. Medical Review 68: 1- 8.
88. Grenier PA, Beigelman AC, Fetita c, et al. New frontiers in CT imaging of airway disease. Eur Radiol 2002; 12: 1022-1044.
89. Rutherford RA, Pullan BR, Isherwood I. X-ray energies for effective atomic number determination. Neuroradiology 1976;11:23-8.
90. Hemmingsson A, Jung B, Ytterbergh C. Dual energy computed tomography: simulated monoenergetic and material selective imaging. J Comput Assist Tomogr 1986; 10:490-9.
91. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. Eur Radiol 2006; 16:256-68.
92. Johnson TR. Dual-energy CT: general principles. AJR Am J Roentgenol 2012;199(5):S3-8.
93. Kraśnicki T, Podgórski P, Guziński M, Czarnecka A, Tupikowski K, Garcarek J, et al. Novel clinical applications of dual energy computed tomography. Adv Clin Exp Med 2012;21(6):831-41.
94. Karçaaltıncaba M, Aktaş A. İkili enerji bilgisayarlı tomografinin çok dedektör olanağı ile yeniden değerlendirilmesi: prensiplerle klinik uygulamaların gözden geçirilmesi. Diagn Interv Radiol 2011;17:181-94.
95. Johnson TR, Krauss B, Sedlmair M, Grasruck M, Bruder H, Morhard D, et al. Material differentiation by dual energy CT: initial experience. Eur Radiol 2007;17(6):1510-7.
96. Bushberg JT. X-ray interactions. RadioGraphics 1998;18(2):457-468.
97. Mi-Jin Kang, et al. Dual-Energy CT: Clinical Applications in Various Pulmonary Diseases. RadioGraphics 2010; 30:685-698.

98. Kim KS, Lee JM, Kim SH, et al. Image fusion in dual energy computed tomography for detection of hypervascular liver hepatocellular carcinoma: phantom and preliminary studies. *Invest Radiol* 2010; 45:149–157.
99. Zhang LJ, Peng J, Wu SY, et al. Liver virtual non-enhanced CT with dual-source, dual-energy CT: a preliminary study. *Eur Radiol* 2010; 20:2257–2264.
100. De Cecco CN, Buffa V, Fedeli S, et al. Dual energy CT (DECT) of the liver: conventional versus virtual unenhanced images. *Eur Radiol* 2010; 20:2870- 2875.
101. Yeh BM, Shepherd JA, Wang ZJ, Teh HS, Hartman RP, Prevrhal S. Dual-energy and low-kVp CT in the abdomen. *AJR Am J Roentgenol* 2009; 193:47-54.
102. Sommer CM, Schwarzwaelder CB, Stiller W, et al. Dual-energy computed-tomography cholangiography in potential donors for living-related liver transplantation: initial experience. *Invest Radiol* 2010; 45:406–412.
103. Voit H, Krauss B, Heinrich MC, et al. Dual-source CT: in vitro characterization of gallstones using dual energy analysis. *Rofo* 2009; 181:367-373.
104. Vrtiska TJ, Takahashi N, Fletcher JG, Hartman RP, Yu L, Kawashima A. Genitourinary applications of dualenergy CT. *AJR Am J Roentgenol* 2010; 194:1434–1442.
105. Takahashi N, Hartman RP, Vrtiska TJ, et al. Dual-energy CT iodine-subtraction virtual unenhanced technique to detect urinary stones in an iodine-filled collecting system: a phantom study. *AJR Am J Roentgenol* 2008; 190:1169–1173.
106. Graser A, Becker CR, Staehler M, et al. Single-phase dual-energy CT allows for characterization of renal masses as benign or malignant. *Invest Radiol* 2010; 45:399–405.
107. Leschka S, Stolzmann P, Baumüller S, et al. Performance of dual-energy CT with tin filter technology for the discrimination of renal cysts and enhancing masses. *Acad Radiol* 2010; 17:526–534.
108. Nicolaou S, Yong-Hing CJ, Galea-Soler S, Hou DJ, Louis L, Munk P. Dual-energy CT as a potential new diagnostic tool in the management of gout in the acute setting. *AJR Am J Roentgenol* 2010; 194:1072–1078.

109. Schenzle JC, Sommer WH, Neumaier K, et al. Dual energy CT of the chest: how about the dose? *Invest Radiol* 2010; 45:347–353.
110. Ho LM, Yoshizumi TT, Hurwitz LM, Nelson RC, Marin D, Toncheva G, Schindera ST. Dual energy versus single energy MDCT: measurement of radiation dose using adult abdominal imaging protocols. *Acad Radiol* 2009; 16:1400–1407.
111. McCollough CH, Primak AN, Saba O, Bruder H, Stierstorfer K, Raupach R, et al. Dose performance of a 64-channel dual-source CT scanner. *Radiology* 2007;243(3):775-84.
112. Ho LM, Yoshizumi TT, Hurwitz LM, Nelson RC, Marin D, Toncheva G, et al. Dual energy versus single energy MDCT: measurement of radiation dose using adult abdominal imaging protocols. *Acad Radiol* 2009;16(11):1400-7.
113. Kulkarni NM, Pinho DF, Kambadakone AR, Sahani DV. Emerging technologies in CT- radiation dose reduction and dual-energy CT. *Semin Roentgenol* 2013;48(3):192-202.
114. Marin D, Nelson RC, Schindera ST, Richard S, Youngblood RS, Yoshizumi TT, et al. Low- tube-voltage, high-tube-current multidetector abdominal CT: improved image quality and decreased radiation dose with adaptive statistical iterative reconstruction algorithm-- initial clinical experience. *Radiology* 2010; 254(1):145-53.
115. Sjöström L, Kvist H, Cederblad A, et al. Determination of total adipose tissue and body fat in women by computed tomography, 40K, and tritium. *Am J Physiol* 1986;250:E736-45.
116. Yoshizumi T, Nakamura T, Yamane M, et al. Abdominal fat: Standardized technique for measurement at CT. *Radiology* 1999;211:283-6. <http://dx.doi.org/10.1148/radiology.211.1.r99ap15283>
117. Taylor EN, Curhan GC. Effect of dietary modification on urinary stone risk factors. *Kidney Int.* 2006;69:1093.
118. Pak CYC. Kidney stone. *Lancet.* 1998;351:1797-801.
119. Resnick MI, Schaeffer AJ. *Urology Pearls*. Philadelphia: Hanley & Belfus, INC Medical publishers; 2000. p.185-187.

120. Mostafavi MR, Ernst RD, Saltzman B. Accurate determination of chemical composition of urinary calculi by spiral computerized tomography. *J Urol.* 1998; 159; 673-675.
121. Ansari MS, Gupta NP, Hemal AK, et al. Spectrum of stone composition: structural analysis of 1050 upper urinary tract calculi from northern India. *Int J Urol.* 2005;12:12-16.
122. Jing Z, GuoZeng W, Ning J, et al. Analysis of urinary calculi composition by infrared spectroscopy: a prospective study of 625 patients in eastern China. *Urol Res.* 2010;38:111-115.
123. Pak CY, Poindexter JR, Adams-Huet B, Pearle MS. Predictive value of kidney stone composition in the detection of metabolic abnormalities. *Am J Med.* 2003;115:26-32.
124. Maalouf NM, Cameron MA, Moe OW, Sakhaee K. Novel insights into the pathogenesis of uric acid nephrolithiasis. *Curr Opin Nephrol Hypertens.* 2004;13:181-189.
125. Motley G, Dalrymple N, Keesling C, et al. Hounsfield unit density in the determination of urinary stone composition. *Urology* 2001;58:170-173.
126. Boll DT, Patil NA, Paulson EK, Merkle EM, Simmons WN, Pierre SA, Preminger GM. Renal stone assessment with dual-energy multidetector CT and advanced postprocessing techniques: improved characterization of renal stone composition-pilot study. *Radiology.* 2009 Mar;250:813-20.
127. Li XH, Zhao R, Liu B, Yu YQ. Determination of urinary stone composition using dual-energy spectral CT: initial in vitro analysis. *Clin Radiol.* 2013 Jul;68(7):e370-7.
128. Acharya S, Goyal A, Bhalla AS, Sharma R, Seth A, Gupta AK. In vivo characterization of urinary calculi on dual-energy CT: going a step ahead with sub-differentiation of calcium stones. *Acta Radiol.* 2015 Jul;56:881-9.
129. Sangwaiya MJ, Kalra MK, Sharma A, Halpern EF, Shepard JA, Digumarthy SR. Dual-energy computed tomographic pulmonary angiography: a pilot study to

assess the effect on image quality and diagnostic confidence. *J Comput Assist Tomogr* 2010; 34:46-51.

130. Karabacak OR, Dilli A, Saltaş H, Yalçinkaya F, Yörükoğlu A, Sertçelik MN. Stone compositions in Turkey: an analysis according to gender and region. *Urology* 2013;82:532–8

131. Botsikas D, Hansen C, Stefanelli S, Becker CD, Montet X. Urinary stone detection and characterisation with dual-energy CT urography after furosemide intravenous injection: preliminary results. *Eur Radiol.* 2014;24:709-14.

132. Akarken I, Tarhan H, Ekin RG, Çakmak Ö, Koç G, İlbey YÖ, Zorlu F. Visceral obesity: A new risk factor for stone disease: *Can Urol Assoc J* 2015;9(11-12):E795-9.

133. Cho ST, Jung S Il, Myung SC, et al. Correlation of metabolic syndrome with urinary stone composition. *Int.J.Urol*2013;20:208-13. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-2042.2012.03131.x>

134. Daudon M, Doré J-C, Jungers P, et al. Changes in stone composition according to age and gender of patients: A multivariate epidemiological approach. *Urol Res* 2004;32:241-7. <http://dx.doi.org/10.1007/s00240-004-0421-y>

135. Ng SW, Zaghoul S, Ali HI, et al. The prevalence and trends of overweight, obesity and nutrition-related non-communicable diseases in the Arabian Gulf States. *Obes Rev* 2011;12:1-13. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-789X.2010.00750.x>

136. Taylor EN, Stampfer MJ, Curhan GC. Obesity, weight gain, and the risk of kidney stones. *JAMA* 2005;293:455-62. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.293.4.455>

137. Curhan GC, Willett WC, Rimm EB, et al. Body size and risk of kidney stones. *J Am Soc Nephrol* 1998;9:1645-52.

138. Manglaviti G, Tresoldi S, Guerrer CS, et al. In vivo evaluation of the chemical composition of urinary stones using dual-energy CT. *AJR Am J Roentgenol* 2011;197:W76e83.

139. Thomas C, Patschan O, Ketelsen D, et al. Dual-energy CT for the characterization of urinary calculi: in vitro and in vivo evaluation of a low- dose scanning protocol. Eur Radiol 2009;19:1553e9.
140. Eliahou R, Hidas G, Duvdevani M, Sosna J. Determination of renal stone composition with dual-energy computed tomography: an emerging application. Semin Ultrasound CT MR 2010; 3: 315-320.
141. AW Server GSI Viewer Kullanım Kılavuzu, Türkçe 5390360-1TR Rev. 3 (Ocak 2013)

