



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**PEDİATRİK HASTALARDA RENAL SİNTİGRAFI İLE KARŞILAŞTIRMA
OLARAK STATİK VE FONKSİYONEL MR ÜROGRAFI**

UZMANLIK TEZİ

DR. SEÇKİN ÇOBANOĞLU

TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ZUHAL BAYRAMOĞLU

İSTANBUL

2022

ÖNSÖZ

Bu çalışma boyunca danışmanlığımı yürüten, gerekli bilimsel zeminin hazırlamasının yanı sıra fikirleri, bilgisi ve deneyimiyle bana her konuda yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. Zuhâl BAYRAMOĞLU'na çok teşekkür ediyorum.

Uzmanlık eğitimim boyunca engin bilgi ve tecrübeleri ile bana büyük katkılar sağlayan değerli hocalarım; başta Radyoloji Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Serra SENCER olmak üzere; Prof. Dr. Atadan TUNACI, Prof. Dr. Bülent ACUNAŞ, Prof. Dr. Kubilay AYDIN, Prof. Dr. Arzu Armağan POYANLI, Prof. Dr. Şükrü Mehmet ERTÜRK, Prof. Dr. Artür SALMASLIOĞLU, Prof. Dr. Barış BAKIR, Doç. Dr. M. Gülbiz KARTAL, Doç. Dr. Mesut BULAKÇI, Doç. Dr. Ravza YILMAZ ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BARBUROĞLU'na teşekkür ediyor ve saygılarımı sunuyorum.

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgisi, bilimsel motivasyonu ve kişiliği ile örnek olan, ilgi ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Memduh DURSUN'a teşekkürlerimi sunuyorum. Tez çalışmam sırasında araştırmaya katkı ve desteklerinden dolayı Nükleer Tıp Anabilim Dalı'nda görev yapan Dr. Öğr. Üyesi Emine Göknur IŞIK'a teşekkür ediyorum.

Radyoloji uzmanlık eğitimim boyunca beraber mesai yaptığım değerli asistan arkadaşlarım ve anabilim dalımızın çeşitli kademelerinde görev yapan tüm çalışma arkadaşlarıma şükranlarımı sunuyorum.

Yaşamı boyunca hayatıma anlam katan, sevgi ve emeğini hissettiren canım annem Serap ÇOBANOĞLU'na, hayatımın her anında desteğini hissettiğim babam Ali Rıza ÇOBANOĞLU'na, fedakarlığını esirgemeyen kız kardeşim Seçil ÇOBANOĞLU'na ve yol arkadaşım Simay ÇOBANOĞLU'na minnettarım.

Dr. Seçkin ÇOBANOĞLU

İstanbul 2022

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
KISALTMALAR.....	vii
ÖZET.....	1
SUMMARY.....	3
1.GİRİŞ VE AMAÇ.....	5
2.GENEL BİLGİLER	6
2.1. Üriner Sistem Embriyolojisi.....	6
2.1.1. Böbrek Gelişimi.....	6
2.1.2. Üreter ve Mesane Gelişimi	8
2.2. Üriner Sistem Anatomisi	8
2.3.Böbrek ve Üriner Traktın Konjenital Anomalileri	10
2.3.1. Böbrek Anomalileri	10
2.3.1.1. Unilateral Renal Agenezi.....	10
2.3.1.2. Renal Hipoplazi.....	11
2.3.1.3. Renal Displazi.....	11
2.3.1.4. Füzyon Anomalileri	11
2.3.2. Toplayıcı Sistem ve Üreter Anomalileri.....	12
2.3.2.1. Üreteropelvik Bileşke Obstrüksiyonu	12
2.3.2.2. Konjenital Megaüreter (Primer Obstrüktif Megaüreter).....	13
2.3.2.3. Çift Toplayıcı Sistem.....	13
2.3.2.4. Üreterosel.....	13
2.3.2.5. Vezikoureteral Reflü (VUR)	14
2.3.3. Mesane Anomalileri	14
2.3.3.1 Prune Belly Sendromu.....	14
2.3.4. Üretra Anomalileri.....	15
2.3.4.1. Posterior Üretral Valv	15
2.4. Üriner Patolojilerde Görüntüleme Yöntemleri	15
2.4.1. Direkt Üriner Sistem Grafisi (DÜSG).....	15
2.4.2. İntravenöz Ürografi	16
2.4.3. Retrograd ve Antegrad Pyelografi	17

2.4.4. Voiding Sistoüretrografi (VSÜG)	18
2.4.5. Ultrasonografi	19
2.4.6. Bilgisayarlı Tomografi (BT)	20
2.4.7. Radyonüklid Görüntüleme	20
2.4.8. Manyetik Rezonans Ürografi	22
3.MATERYAL VE METOD	25
3.1. Çalışma Grubu	25
3.2. Dinamik MR Ürografi İnceleme Protokolü ve Görüntülerin Değerlendirilmesi.....	27
3.3. Dinamik Renal Sintigrafi	28
3.4. İstatistiksel Analiz	29
4.BULGULAR	29
4.1. Morfolojik Bulgular.....	29
4.2. Split Renal Fonksiyon (SRF) Bulguları.....	37
4.3. Üriner Obstrüksiyon Bulguları	41
4.4. Olgu Örnekleri	43
5.TARTIŞMA	52
6.SONUÇ	56
7.KAYNAKLAR.....	57
8. EKLER.....	64
ETİK KURUL KARARI	64

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Sağ ve Sol Üreter Çaplarının Dağılımı.....	31
Şekil 2. Renal Pelvis AP Çap ile Boyut Arasındaki İlişkinin Dağılımı.....	32
Şekil 3. Renal Pelvis AP Çapı ile Parenkim Kalınlığı Arasındaki İlişkinin Dağılımı.....	33
Şekil 4. Yaş ile Böbrek Boyutu Arasındaki İlişkinin Dağılımı.....	34
Şekil 5. Yaş ile Parenkim Kalınlığı Arasındaki İlişkinin Dağılımı.....	35
Şekil 6. Yaş ile Dilate Ünitlerin AP Çapı Değerleri Arasındaki İlişkinin Dağılımı.....	36
Şekil 7. Yaş ile Normal Ünitlerin AP Çapı Değerleri Arasındaki İlişkinin Dağılımı.....	37
Şekil 8. Sintigrafi ve MR Ürografi ile Elde Edilen Sağ SRF Ölçümleri Arasındaki İlişkinin Dağılımı.....	39
Şekil 9. Sintigrafi ve MR Ürografi ile Elde Edilen Sol SRF Ölçümleri Arasındaki İlişkinin Dağılımı	40

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Ay Cinsinden Yaşa Göre Böbrek Boyut Değerleri(cm).....	9
Tablo 2. Klinik ve Görüntüleme Yöntemleri ile Elde Edilen Üriner Sistem Hastalıklarının Tanılarının Sayısal Dağılımı.....	26
Tablo 3. Tanımlayıcı Özellikler ve Morfolojik Parametrelerin Dağılımı.....	30
Tablo 4. Sağ ve Sol Böbrek ve Üreteropelvik Ünitlere Göre Boyut, Parenkim Kalınlığı ve Renal Pelvis AP Çap Ölçümlerinin Değerlendirilmesi.....	31
Tablo 5. Renal Pelvis AP Çapı ile Boyut ve Parenkim Kalınlığı Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi	32
Tablo 6. Yaş ile Boyut, Parenkim Kalınlığı, Normal ve Dilate Renal Pelvis AP Çapı Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi.....	33
Tablo 7. Dinamik Renal Sintigrafi ile Dinamik MR Ürografi SRF Ölçümlerinin Dağılımı...37	
Tablo 8. Dinamik Renal Sintigrafi ile Dinamik MR Ürografi SRF Ölçümleri Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi.....	38
Tablo 9. Radyonüklid Yarılanma Ömrü (T1/2) ve MR Ürografi RTT Ölçümlerinin Dağılımı.....	41
Tablo 10. Sağ Üriner Sistem İçin T1/2 ile RTT Uyumunun Değerlendirilmesi.....	41
Tablo 11. Sol Üriner Sistem İçin T1/2 ile RTT Uyumunun Değerlendirilmesi.....	42

KISALTMALAR

MRG : Manyetik Rezonans Görüntüleme

DMSA : Dimerkaptosüksinid asit

MAG3 : Merkaptoasetiltriglisin

DTPA : Dietilenetriaminpentaasetikası

USG: Ultrasonografi

VSÜG: Voiding Sistoüretrografi

BT: Bilgisayarlı Tomografi

MRU: Manyetik Rezonans Ürografi

CHOP: Children's Hospital of Philadelphia

fMRU: Fonksiyonel MR Ürografi

UPJ: Üreteropelvik Bileşke

VUR: Vezikoüreteral Reflü

PUV: Posterior Üretral Valv

İYE: İdrar Yolu Enfeksiyonu

DÜSG: Direkt Üriner Sistem Grafisi

İVÜ: İntravenöz Ürografi

SRF: Split Renal Fonksiyon

CTT: Calyceal Transit Time-Kaliseal geçiş süresi

RTT: Renal Transit Time-Renal Geçiş Süresi

vDRF veya vSRF: Volümetrik Diferansiye/Split Renal Fonksiyon

SSFE: Single Shot Fast Spin Echo

AP: Anteroposterior

MIP: Maksimum İntensity Projection

ORT: Ortalama

SS: Standart Sapma



ÖZET

PEDİATRİK HASTALARDA RENAL SİNTİGRAFI İLE KARŞILAŞTIRMA OLARAK STATİK VE FONKSİYONEL MR ÜROGRAFI

GİRİŞ VE AMAÇ: MR ürografi tetkiki üriner sistem anatomisinin değerlendirilmesinin yanında son yıllarda çekim sonrası görüntü işleme yöntemleriyle fonksiyon hesabına olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada konjenital renal ve üriner malformasyona sahip pediatrik yaş grubu hastalarda üriner trakt morfolojileri hastaların sistemimizde halihazırda mevcut olan MR ürografi tetkikleri üzerinden incelenerek; morfolojik parametrelerin birbirleri ile olan ilişkileri değerlendirildikten sonra MR ürografi tetkiki ile MAG3 böbrek sintigrafisi tetkikleri fonksiyonel parametreler yönünden karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE METOD: 1.5 Tesla MR cihazında dinamik kontrastlı MR ürografi tetkiki ile öncesinde çekilmiş MAG3 dinamik böbrek sintigrafisi elde olunmuş 90 hastada MR ürografi tetkiklerinden böbrek boyut, parenkim kalınlığı, renal pelvis AP çapı ve üreter çapları ölçülerek birbirleri ile olan ilişkileri değerlendirildi. Fonksiyonel değerlendirme öncesi renal agenezi ve multistik displastik böbrek gibi her iki böbrek kıyaslaması yapılamayacak hastalar ile böbrek segmentasyonu yapılamayan toplam 14 hasta çıkarıldıktan sonra kalan 76 hastada dinamik MR ürografi fazlarından CHOP-fMRU yazılımı üzerinden volümetrik split renal fonksiyonlar, kaliseal ve renal geçiş süreleri hesaplandı. Her iki tetkik ile elde olunan split renal fonksiyonlar karşılaştırıldı. Ayrıca obstrüksiyonu göstermede MR ürografi ile elde edilen renal geçiş süresi (RTT) ile MAG3 böbrek sintigrafisi ile elde edilen radyonüklid yarılanma ömrü (T1/2) arasındaki uyum değerlendirildi. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metodların yanı sıra nicel değişkenlerin iki grup arası karşılaştırmalarında Student-t testi ve Mann-Whitney U test kullanıldı. Nicel değişkenler arası ilişkiler için Pearson ve Spearman korelasyon analizi kullanıldı.

BULGULAR: Çalışmaya katılan hastaların yaşları 1 ile 216 ay arasında değişmekteydi(ort. 76,82±62,59 ay). MR ürografi ve sintigrafiden elde edilen sağ ve sol böbrek split fonksiyonları istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı pozitif korelasyon göstermekte idi ($r=0.93$, $p=0.001$). Morfolojik değerlendirmede, parankim kalınlığı ile renal pelvis AP çapı arasında negatif korelasyon izlendi ($p=0.001$, $r=-0.323$). Renal geçiş süresi ile radyonüklid yarılanma ömrü arasındaki uyum değerlendirildiğinde sensitivite %65, spesifite %83, pozitif prediktif değer %90 ve negatif prediktif değer %53 olarak bulunmuştur.

SONUÇ: MR ürografi incelemesi detaylı anatomik bilgi sağlaması ve dinamik kontrastlı inceleme imkânı ile altın standart olarak MAG3 böbrek sintigrafisi ile paralellik gösteren sonuçları sayesinde split renal fonksiyon değerlendirilmesinde umut vaat etmektedir. Sintigrafî tetkikleri ile kıyaslandığında yüksek anatomik detay, radyasyon maruziyetinin bulunmaması pozitif yön olarak öne çıkarken, uzun çekim süresine bağlı hareket artefaktı ve özellikle 6 yaş altı hastalarda sedasyon-anestezi gerektirmesi kullanımını sınırlayan parametrelerdir. İki tekniğin karşılaştırıldığı ve fonksiyonel MR ürografinin eş derece etkin olduğu az sayıda literatür verisi bulunmaktadır. Bu sebeple bulguların doğrulanması için daha büyük ölçekli ve daha derin araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.



SUMMARY

STATIC AND FUNCTIONAL MR UROGRAPHY AS A COMPARISON WITH RENAL SCINTIGRAPHY IN PEDIATRIC PATIENTS

AIM: In addition to the evaluation of the urinary system anatomy, MR urography examination provides the opportunity to calculate the function with image postprocessing methods in recent years. In this study, the urinary tract morphologies of pediatric patients with congenital renal and urinary malformations were examined through the MR urography scan currently available in our picture archiving and communication systems. After evaluating the relationships between morphological parameters, MR urography and MAG3 scintigraphy were compared in terms of functional parameters.

MATERIALS AND METHODS: Renal size, parenchymal thickness, renal pelvis AP diameter, and ureter diameters were measured in 90 patients with dynamic contrast MR urography with 1.5 Tesla MR device who had previously obtained MAG3 scintigraphy, and their relations with each other were evaluated. Volumetric split renal functions, caliceal and renal transition times were calculated from the dynamic MR urography phases via CHOP-fMRU software in the remaining 76 patients after excluding of 14 patients with renal agenesis, multicystic dysplastic kidneys and whose kidney segmentation could not be performed. Split renal functions obtained by both examinations were compared. In addition, the agreement between the renal transit time (RTT) obtained by MR urography and the radionuclide half-life ($T_{1/2}$) obtained by MAG3 kidney scintigraphy in demonstrating the obstruction was evaluated. While evaluating the study data, Student-t test and Mann-Whitney U test were used in comparison of quantitative variables between two groups, as well as descriptive statistical methods. Pearson and Spearman correlation analysis were used to evaluate the relationships between quantitative variables.

RESULTS: The ages of the patients participating in the study ranged from 1 to 216 months (mean $76,82 \pm 62,59$ months). Right and left kidney split functions obtained from MR urography and scintigraphy showed a statistically significant positive correlation ($r=0.93$, $p=0.001$). In the morphological evaluation, a negative correlation was observed between parenchymal thickness and AP diameter of the renal pelvis ($p=0.001$, $r=-0.323$). When the concordance between renal transit time and radionuclide half-life was evaluated, the sensitivity was 65%, the specificity was 83%, the positive predictive value was 90%, and the negative predictive value was 53%.

CONCLUSION: MR urography examination is promising in functional evaluation with split renal function calculation similar to MAG3 scintigraphy. Compared to scintigraphy examinations, high anatomical detail, absence of radiation exposure stand out as positive aspects, motion artifact due to long exposure time and the need for sedation especially in patients under 6 years of age, are the parameters that limit its use. There are few literature data comparing the two techniques and functional MR urography is equally effective. Therefore, larger and deeper studies are needed to confirm the findings.



1.GİRİŞ VE AMAÇ

Pediyatrik yaş grubu hastalarda özellikle konjenital malformasyonların gösterilmesinde görüntüleme yöntemlerine sıklıkla ihtiyaç duyulmaktadır. Konjenital malformasyonlar asemptomatik renal ektopiden yaşamı sınırlayan bilateral renal ageneziye dek geniş spektrumda görülebilmektedir. Bu hastalıklar prenatal dönemde ultrasonografi ve Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) teknikleri ile değerlendirilebilmektedir (1). Eşlik edebilecek obstrüktif üropati varlığı infant döneminde renal yetmezliğin önde gelen sebebi olduğundan hızlı tanı ve fonksiyonel değerlendirme uygun tedavilerin yönetimi ve erken fonksiyonel kurtarımın elde edilmesinde önem arz etmektedir (2). Radyonüklid renal sintigrafi yöntemleri dimerkaptosüksinid asit (Tc-99m-DMSA), merkaptasetiltriglisin (Tc-99m-MAG3) ve dietilenetriaminpentaasetikasit (Tc-99m-DTPA) tetkiklerinden oluşmakta olup bunlarla birlikte ultrasonografi (USG), Manyetik Rezonans Ürografi (MRU), Voiding Sistoüretrogram (VSÜG) ve nadir olarak Bilgisayarlı Tomografi (BT) tetkiki böbrek ve üriner traktın morfolojik değerlendirilmesi ve fonksiyonların elde edilmesinde kullanılan yöntemlerdir (3). Günümüzde split renal fonksiyonların saptanması ve obstrüksiyonların gösterilmesinde referans görüntüleme yöntemi MAG3 dinamik renal sintigrafi incelemesi olup ultrasonografi morfolojik incelemede tamamlayıcı rol üstlenmektedir (1). Ultrasonografi operator bağımlı olup normal böbreklerin ve hafif- orta şiddette dilate toplayıcı sistemin değerlendirmesinde katkı sağlarken ileri şiddette dilate üriner sistem veya dilate olmayan normal üreterlerin değerlendirilmesinde yetersiz kalmaktadır. Yine ultrasonografi tetkiki ile renal skar ve split fonksiyonlar değerlendirilememektedir. MAG3 sintigrafi tetkiki ise split renal fonksiyon ve drenajın değerlendirilmesinde sayısal değerler verirken düşük uzaysal çözünürlüğe bağlı düşük anatomik detay ve düşük doz radyasyon maruziyeti kullanımını sınırlayan parametrelerdir. MR ürografi tetkiki yüksek uzaysal ve kontrast çözünürlüğü sayesinde üriner sistem anatomisinin değerlendirilmesinde etkin bir görüntüleme yöntemidir. Dinamik incelemeler ile obstrüktif patolojilerin değerlendirilebilmesinin yanında son yıllarda çekim sonrası görüntü işleme yöntemleriyle fonksiyon hesabına olanak sağlamaktadır (4-6). Bu çalışmada konjenital renal ve üriner malformasyona sahip pediatrik yaş grubu hastalarda üriner trakt morfolojileri hastaların sistemimizde halihazırda mevcut olan MR ürografi tetkikleri üzerinden incelenecek; ürografi fazına ait görüntülerde pelvikalisyel sistem ve üretere kontrast ıtrahına ait zamansal parametreler ve renal parenkimal kontrast zaman eğrileri Philadelphia Çocuk Hastanesi (Children's Hospital of Philadelphia-CHOP) fMRU adlı yarı otomatize MR ürografi yazılımı üzerinden elde edilerek sağ sol renal parenkimal perfüzyona ait kantitatif veriler elde

edilecektir. MR ürografi ile elde edilen split renal fonksiyonlar, standart yöntem olan ve endikasyon dahilinde MR ürografi tetkiklerinden önce elde olunmuş MAG3 sintigrafi tetkikleri ile karşılaştırılacak olup, konvansiyonel sekanslar üzerinden elde edilen parenkim kalınlığı, renal pelvis ön arka çapı, böbrek boyutları gibi morfolojik parametrelerin birbirleri ile olan ilişkileri değerlendirilecektir. Ayrıca obstrüksiyonu göstermede MR ürografinin duyarlılığını saptamak amacıyla MR ürografi ile elde edilen renal geçiş süresi (RTT) ile obstrüksiyonu değerlendirmede referans yöntem olan MAG3 böbrek sintigrafisi üzerinden elde edilen radyonüklid yarılanma ömrü (T1/2) ömrü arasındaki uyum değerlendirilecektir.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Üriner Sistem Embriyolojisi

Ürogenital sistem, abdominal aortun her iki tarafında bir ürogenital çıkıntı oluşturan intermedier (ara) mezodermden kaynaklanır. Ürogenital çıkıntıdan daha sonra pronefroz, mezonefroz ve metanefroz oluşur. Metanefrik böbrekler onbirinci hafta gibi erken bir sürede fonksiyonel boşaltım birimleri olarak hareket etseler de bir ila üç milyon toplayıcı tübülün olduğu otuz ikinci haftaya kadar nefrojenez tamamlanmaz. Çeşitli embriyonik dokular, mezonefrik kanal, üreter tomurcuğu ve metanefrik blastema arasındaki karmaşık etkileşimler, üriner traktın doğru gelişimini sağlar. Bu karmaşık sinyal yollarındaki genetik veya çevresel etkilenmeler, böbrek agenezisi ve displazisi, multikistik displastik böbrek hastalığı ve polikistik böbrek hastalığı dahil olmak üzere böbrek ve idrar yollarında konjenital anormalliklerle sonuçlanır (7,8).

2.1.1. Böbrek Gelişimi

Gelişimin dördüncü haftasında embriyonik katlanma, ürogenital çıkıntı olarak bilinen yapının oluşumu ile üriner traktın başlangıcına işaret eder. Ürogenital çıkıntı, oluşturduğu sisteme göre parçalara ayrılabilir; nefrojenik kord üriner traktı oluştururken gonadal çıkıntı reproduktif sisteme dönüşecektir. Rostralden başlayıp kaudale doğru ilerleyerek nefrojenik kord içinde birkaç hafta içinde sırasıyla pronefroz, mezonefroz ve metanefrozdan oluşan üç evre meydana gelecektir.

İlk evre pronefroz olup pronefroz gelişimi dördüncü haftada başlar; ancak fonksiyone böbrekler oluşturmazlar. Nefrojenik kord bir dizi transformasyon sonrası tübülleri oluşturur. Pronefroz dördüncü haftada kaybolur ve mezonefroz evresi başlar .

İkinci evre mezonefrozdur. 4-8. gebelik haftaları arasında süreç tamamlanır. Nefrojenik kord kaynaklı uniferöz tübüller ile vasküler yapılar arasındaki etkileşim sonucu primitif glomerül yapıları oluşur. Tübül yapıları daha medialde yerleşim gösteren mezonefrik veya Wolfian duktus yapılarını drene eder. Mezonefrik duktuslar erkek cinsiyette seminal vezikül, vas deferens ve ejakulatuvar duktus gibi yapıların oluşumunda yer alırken, kadın cinsiyette vestigial isimli kalıntı olarak kalır (9,10).

Üçüncü ve son evre olan metanefrik böbrek, beşinci haftada gelişmeye başlar ve kalıcı böbrekleri oluşturmak için farklılaşmaya devam eder. Mezonefrik kanal, kloaka ile birleşmek üzere uzanır, böylece sakral ara mezodermi metanefrik blastema olarak bilinen yapıyı oluşturmak üzere indükler. Beşinci haftanın başında, metanefrik blastema, glial hücre kaynaklı nörotropik Faktör (Gdnf) olarak bilinen bir protein salgılar, böylece üreter tomurcuğu olarak bilinen mezonefrik kanalda bir aşırı büyümeye neden olur (7,11).

Gelişimin altıncı haftasında, üreter tomurcuğu, daha sonra toplayıcı tübüller ve temel böbrek yapısını oluşturacak olan bir dallanma kaskadını başlatır. İlk bifurkasyon altıncı haftada meydana gelir ve renal pelvisin yanı sıra böbreğin kranial ve kaudal loblarını oluşturur. Sonraki dört bifurkasyon birleşerek ana kaliksleri oluşturur. Sonraki izleyen dört bifurkasyonda yedinci haftada birleşerek minör kaliksleri oluşturur. Dallanma kaskadı yaklaşık 32. haftaya kadar devam eder ve böylece yaklaşık 1 milyon ila 3 milyon arasında toplayıcı tübül oluşur. Her bir toplayıcı tübülün ucu blastemal başlıkları nefrik veziküller oluşturmak üzere indüklediğinde fonksiyonel nefronlar gelişmeye başlar. Bunlar daha sonra Bowman kapsülü, proksimal ve distal tübüller ve Henle kulbundan oluşan nefrik tübüllere dönüşecektir. Glomerül gelişimi, podosit öncülleri VEGF2 salgıladığında başlar, böylece endotelial hücreleri çeker ve ilkel bir vasküler küme oluşturur (12). Bu aktivite neticesinde, afferent ve efferent arteriyoller oluşur. Podosit öncülleri ve endotel hücreleri arasındaki etkileşim, ikisi arasındaki sınırdaki glomerüller bazal membran oluşturarak podositlerin farklılaşmasını uyarır. Nefrik tübülün distal ucu, distal kıvrımlı tübül, toplayıcı kanalla birleşerek idrar tübülünü oluşturur.

Böbrekler embriyonun sakral bölgesinde birbirine yakın dururken, abdomen büyüdükçe ayrılır ve lomber bölgedeki son konumlarına yükselir. Renal pelvis yukarı uzanım esnasında anteriorda yerleşim gösterirken yaklaşık 90 derece mediale deviye olarak rotasyonunu tamamlar.

2.1.2. Üreter ve Mesane Gelişimi

Mesanenin gelişimi, ürogenital septumun kloakayı arkada rektum ve önde ürogenital sinüs olmak üzere iki kısma ayırmasıyla dördüncü haftada başlar. Ürogenital sinüs, alt uç üretrayı oluşturacak şekilde mesaneyi oluşturmak için büyümeye devam eder. Mezonefrik kanal kloaka ile birleştiğinde, kanalın bir kısmı mesanenin arka duvarına dahil olur. Üreter tomurcuğu mezonefrik kanalın bir uzantısı olmasına rağmen, mesaneye ayrı bir açıklığı vardır. Böbrekler lomber bölgeye yukarı doğru hareket ederken üreterler uzar. Ürogenital sinüsten gelen endodermal hücreler, kısa sürede trigon bölgesinin mezodermal hücre epitelinin yerini alır ve böylece gelişimi tamamlar.

2.2. Üriner Sistem Anatomisi

Üriner sistem her iki paravertebral alanda yerleşim gösteren böbrek ve üreterler ile orta hatta yerleşim gösteren mesane ve üretradan oluşmaktadır.

Böbrekler primer retroperitoneal yapılar olup karın arka duvarının üst kısmında yerleşim göstermektedir. 12. torakal ve 3. lomber vertebra düzeylerinde yer alırlar ve sağ böbrek, karaciğer ile ilişkisine bağlı olarak sol böbreğe kıyasla daha inferiorda yerleşim gösterir.

Böbrekler yetişkinlerde kraniokaudal 9–13 cm, mediolateral 5–6 cm, anteroposterior ortalama 3–4 cm uzunluğundadır. Pediatrik böbrekler ise bir büyüme eğrisi izler. Pediatrik yaşa göre ortalama maksimal yükseklik ve standard sapma değerleri Tablo 1. de gösterilmiştir (13,14).

YAŞ (AY)	ORTALAMA YÜKSEKLİK CM (SD)
0	4.22(0.32)
2	5.28(0.66)
6	6.15(0.67)
10	6.23(0.63)
18	6.65(0.54)
30	7.36(0.54)
42	7.36(0.56)
54	7.87(0.50)
66	8.09(0.54)
78	7.83(0.72)
90	8.33(0.51)
102	8.90(0.88)
114	9.20(0.90)
126	9.17(0.82)
138	9.60(0.64)
150	10.42(0.87)
162	9.79(0.75)
174	10.05(0.62)
186	10.93(0.76)
198	10.04(0.86)
210	10.53(0.29)
222	10.81(1.13)

Tablo 1. Ay cinsinden yaşa göre böbrek boyut (cm) ve standard sapma değerleri

Her böbreğin bir üst ve bir alt kutbu vardır. Böbrek parankimi korteks ve meduller yapıları içerir. Böbrek her biri konik bir şekle sahip, tabanı böbrek kapsülüne bakan ve ucu karşılık gelen böbrek kaliksine doğru yönelen yaklaşık 14 loblu bir yapıdır. Medüller kısımlar, Bertin sütunları olarak da bilinen kortikal dokudan oluşan septa ile ayrılmıştır. Kortikomedüller bileşke, korteks ile medulla arasındaki doku farklılığı nedeniyle genellikle belirgindir. Her medüller piramit minör kalikse bağlanır ve idrar medulladan gözenekli bir bölge olan kribriform plate yoluyla her minor kalikse akar. Minör kaliksler birleşerek renal pelvisi oluşturan majör kalikslere açılır. Renal pelvis ve kaliks, renal sinüs olarak adlandırılan bir boşluk içinde bulunur. Renal sinüs ayrıca renal arter ve ven dallarını, lenfatik damarları, otonom sinirleri ve yağı içerir. Renal sinüs, böbrek hilusu olarak adlandırılan oval bir açıklığa daralır. Renal damarlar, sinirler ve üreter, hilus yoluyla böbreğe girer.

Böbrek fibröz bir kapsülle kaplıdır. Böbreğin hemen çevresinde perirenal yağ adı verilen bir yağ tabakası vardır. Perirenal yağı renal veya Gerota fasyası çevreler. Renal fasya ile vücut duvarı arasında ise pararenal yağ bulunur.

Üreterler renal pelvis ile devamlılık gösterir. İdrarın mesaneye iletiminden sorumludur. Üreterler de böbrekler gibi retroperitonealdir. Üreterler pelvik brime doğru ilerlerken, psoas majör kasının doğrudan önünde yer alır. Daha sonra ana iliak arteri ve veni geçerler ve gerçek pelvise girerler. Daha sonra, trigonun posterolateral kenarlarından mesaneye girmek için pelvisin arka duvarı boyunca endopelvik fasyadan geçerler. Üreterler seyri boyunca üç yerde darlık göstermektedir. İlk darlık, ureteropelvik bileşke düzeyinde olup ureterin en dar noktasını oluşturur. İkinci darlık, iliak arterleri çaprazladığı noktadır. Üçüncü darlık ise intramural ureterdir.

Mesane gerçek pelvis içinde bulunur ve pubik kemiklerin arkasında yer alır. Endopelvik fasya ile çevrilidir ve üstte ve arkada periton ile kaplıdır. Mesane dolumu esnasında, üstte periton boşluğuna doğru genişler. Erkeklerde prostat bezi mesane boynu ile devamlılık gösterir ve uretrayı çevreler. Pelvik diyaframın pubococcygeus kası, kadınlarda mesanenin boynunu ve erkeklerde prostat bezini destekler. Bu kasın gevşemesinin miksiyon sırasında uretra yoluyla idrar akışına izin vermek için gerekli olduğuna inanılmaktadır.

2.3.Böbrek ve Üriner Traktın Konjenital Anomalileri

Üreteral tomurcuğun metanefroz ile etkileşimi üriner sistem gelişiminde önemli rol oynamakta olup yolaklardaki bozulma sonucu konjental renal ve üriner trakt anomalileri oluşur (15).

2.3.1. Böbrek Anomalileri

2.3.1.1. Unilateral Renal Agenezi

Unilateral renal agenezi ureter tomurcuğunun oluşumundaki yetersizliğin veya tomurcuğun metanefrik mezenkim ile etkileşime girmemesinin bir sonucudur. Yaklaşık 2000 doğumda 1

sıklıkta görülür ve ek konjenital anomalilerle ilişkilidir. Üreteropelvik bileşke(UPJ) darlığı ve vezikoüreteral reflü (VUR) gibi eşlik eden patolojiler kontralateral böbrekte görülebilir (16). Unilateral renal ageneziye erkek hastalarda ipsilateral seminal vezikül kisti; kadın hastalarda ise uterin anomaliler eşlik edebilir.

2.3.1.2. Renal Hipoplazi

Renal hipoplazi, nefron indüksiyonunun normalden daha az olmasına bağlı olarak nefronların büyümesindeki bozulmaya bağlıdır. Tahmini sıklığı 400 doğumda 1'dir (17). Kesitsel görüntüleme bulguları, kontralateral taraf ile kıyaslandığında boşaltım işlevinin korunduğu daha küçük boyuttaki böbreği göstermektedir. Ayırıcı tanıda ilk planda renal arter stenozu ve daha önceki vasküler hasarlar yer alır.

2.3.1.3. Renal Displazi

Renal displazi, farklılaşmamış ve metaplastik hücrelerden oluşan bir organı tanımlar. Küçük displastik böbrek veya genişlemiş (multikistik displastik böbrek) formda görülebilir. Multikistik displastik böbrek, obstrüktif üropati ortamında anormal metanefrik farklılaşmaya sekonder kalıtsal olmayan gelişimsel bir bozukluktur ve kıkırdak, farklılaşmamış mezenkim ve olgunlaşmamış toplayıcı duktusların varlığı ile karakterizedir. Yaklaşık 4300 doğumda bir görülebilir (18). Kesitsel görüntülemeye, küçük displastik böbreği olan hastalarda çok küçük bir böbrek ya da multikistik displastik olgularında, renal parenkimin seçilemediği birbiriyle birleşmeyen multipl kistik lezyonlarla karakterizedir.

2.3.1.4. Füzyon Anomalileri

Konjenital füzyon anomalileri at nalı böbrek ve çapraz ektopik böbrek ile karakterizedir (19). Atnalı böbrek yaklaşık 400 canlı doğumda bir olarak renal anomaliler arasında en sık

görülendir. Böbrekler istmus kesimlerinden orta hatta füzyone görünümde izlenir. Pelviyektazi veya aks anomalileri eşlik edebilmektedir. Çapraz ektopik böbrek diğer tarafta yer alan normal böbreğin genellikle inferior kesiminde yerleşim gösterir. Çapraz ektopik böbreğin üreteri normal lokalizasyondadır. Böbreğin konjenital füzyon anomalileri, fetal omurganın anormal fleksiyonuyla ilişkilidir ve umblikal arterleri arasındaki nefrojenik blastemlerin yakın temasına yol açar. Sonuç olarak füzyone böbreklerin normal pozisyonlarına yükselmesi genellikle engellenir, ektopik bir pozisyonda kalır ve genellikle anormal arteriyel besleme ve venöz drenaj ile ilişkilidir.

2.3.2. Toplayıcı Sistem ve Üreter Anomalileri

2.3.2.1. Üreteropelvik Bileşke Obstrüksiyonu

Üreteropelvik bileşke obstrüksiyonu tipik olarak renal pelvisin üreter ile birleştiği yerdeki tıkanıklığı ifade eder. UPJ obstrüksiyonu, konjenital ve edinsel durumlardan oluşur. Konjenital durumlar intrensek, insersiyonel ya da ekstrensek sebeplere bağlı oluşurken edinsel durumlar genel olarak taş hastalığı, postoperatif-inflamatuvar striktürler ve ürotelyal neoplazilere bağlı oluşur (20).

İntrensek lezyonlar valv veya stenoza bağlı olabilir. Stenotik UPJ de transizyonel epitel bulunmakla birlikte epiteli çevreleyen düz kas hücre sayısının normalden daha az olduğu bildirilmiştir (15,21).

İnsersiyon anomalisinde üreteropelvik bileşke obstrüksiyonu daha yüksek üreter insersiyonu nedeniyle oluşmaktadır (15,22).

Çaprazlayan damarlarda genellikle inferior pole uzanan aberran renal vasküler yapılar nedeniyle proksimal üreterde obstrüksiyon oluşmaktadır. İntrensek ya da ekstrensek sebeplerin tedavisinde referans standart, altta yatan nedenin araştırılmasına izin veren pyeloplastidir. Üreteropelvik bileşke obstrüksiyonunun görüntüleme bulguları dilate toplayıcı sistemden nondilate üretere ani geçişle karakterize hidronefrozu içerir. BT veya MR ürografi gibi kontrastlı incelemelerde obstrüksiyona neden olan çaprazlayan damar yapıları seçilebilir (23).

2.3.2.2. Konjenital Megaüreter (Primer Obstrüktif Megaüreter)

Primer vezikoüreter reflü veya mesane çıkım obstrüksiyonu yokluğunda üreterin konjenital dilatasyonu primer obstrüktif megaüreter olarak adlandırılır. Primer obstrüktif megaüreter, dinamik bir alt üreter segmentine sekonder fonksiyonel bir obstrüksiyon olarak kabul edilir. Fibrozis ve obstrüksiyona yol açan artan kollajen seviyeleri veya distal üreteral segmentteki iç longitudinal kasın atrofisi ile ilişkili olabilir, bu da peristaltizmin bozulmasına yol açar. Dış sirküler kasın hipertrofisine bağlı da oluşabilir. Sıklık 1000 canlı doğumda yaklaşık 0.36'dır (24). Primer obstrüktif megaüreterin BT ve MR ürografi bulguları, dilate bir toplayıcı sistemle ilişkili dilate bir proksimal üreter ve eşlik eden bir kitle lezyonu olmaksızın distal üreterin kademeli olarak düzgün daralmasını içerir.

2.3.2.3. Çift Toplayıcı Sistem

Renal toplayıcı sistem ve üreter duplikasyonları en sık görülen konjenital renal anomalilerdir ve iki üreterin tek bir ortak üreter yoluyla veya ayrı ayrı mesaneye drene olmasına bağlı olarak parsiyel veya komplet olarak sınıflandırılabilir. Üreterosel, üreterin ektopik insersiyonu, vezikoüreteral reflü, renal displazi ve üreteropelvik bileşke obstrüksiyonu gibi birçok durum, tek bir toplayıcı sisteme kıyasla komplet bir çift toplayıcı sistemde daha sık görülür. Weigert-Meyer kuralına göre üst polü drene eden üreter, alt polü drene eden üreterin alt-iç lokalizasyonunda ektopik olarak yer almaktadır (25). Valv mekanizmasındaki yetersizliğe sekonder alt toplayıcı sistemde reflü gelişirken, ektopik yerleşim veya üreterosele sekonder üst toplayıcı sistemde obstrüksiyon oluşmaktadır.

2.3.2.4. Üreterosel

Üreterosel, normal lokalizasyondaki veya ektopik yerleşim gösteren distal üreterin kistik dilatasyonu olarak tanımlanır. Üreteroseller, lokasyona ve üreteroselin aynı tarafında bir

dupleks toplayıcı sistemin varlığına veya yokluğuna göre alt bölümlere ayrılır. BT veya MR ürografi bulguları, üreterovezikal bileşkede distal üreterin bülböz dilatasyonunu içerir. İlişkili anomaliler ve hidronefroz ve taş oluşumu BT veya MR ürografi ile doğru bir şekilde değerlendirilebilir (26).

2.3.2.5. Vezikoüreteral Reflü (VUR)

Vezikoüreteral reflü, vakaların çoğunda, kısa distal üreteral submukozal tünel ile sonuçlanan vezikoüreteral bileşkenin maturasyon anomalisinin sonucudur (27). VUR izole bir anomali olabilir veya posterior üretral valv veya komplet çift toplayıcı sistem gibi diğer konjenital anomalilerle ilişkili olabilir.

Sonuç olarak, miksiyon sırasında mesane basıncı arttığında vezikoüreteral bileşkenin normal kısa kaç hareketi bozulur ve idrarın retrograd olarak üretere doğru yukarı geçmesine izin verilir. Mesaneden üst idrar yoluna reflü, bakterilerin genellikle steril olan üst yola girmesine izin vererek piyelonefrite yatkınlık yaratır. Bunun için tanıda küçük bir çocukta geçirilen idrar yolu enfeksiyonu sonrası şüphelenilir (28). VUR'un değerlendirilmesi için ilk tanı yöntemi, saptanmış ilk idrar yolu enfeksiyonundan sonra yapılması gereken voiding sistoüretrogramdır (VSÜG). VSÜG, VUR varlığını saptamak ve reflü derecesi ile miksiyon sırasında veya mesane dolumu sırasında reflü oluşup oluşmadığını belirlemek için kullanılmalıdır.

2.3.3. Mesane Anomalileri

2.3.3.1 Prune Belly Sendromu

Prune Belly terimi, sıklıkla diğer anomalilerle ilişkili olan gevşek, buruşuk bir karın duvarını ifade eder. Prune-belly sendromu, respiratuar, gastrointestinal, muskuloskeletal ve kardiyovasküler bir dizi anomalilerle ilişkili spesifik bir anomaliler grubudur (29). Sendrom, rektus kaslarının yokluğundan kaynaklanan şişmiş ve gevşek karın duvarının kırışık görünümü

için adlandırılmıştır. Bilateral, palpe edilemeyen inmemiş testisler mevcuttur ve dilate tortüöz üreterler, megalokistik prostatik üretra ve renal dismorfizm ile karakterize anormal bir üriner trakt vardır. Prune-belly sendromu büyük oranda erkeklerde görülür ve nadiren kadın hastalarda saptanmaktadır (30).

2.3.4. Üretra Anomalileri

2.3.4.1. Posterior Üretral Valv

Posterior üretral valvler, üretranın en sık görülen konjenital obstrüktif lezyonudur ve sadece fenotipik erkek çocuklarda görülür. Verumontanumdan prostatik üretranın en distal kısmına oblik olarak uzanan wolfian kanal kökenli dokudan kaynaklanan kalın, kapakçık benzeri bir zar oluşumudur. VSÜG, tanıda en iyi görüntüleme tekniğidir. Radyolojik bulgular posterior üretranın dilatasyonu ve bazen valve karşılık gelen lineer radyolüsent bir bandı içerir. Posterior üretral valvler gibi herhangi bir mesane çıkışı obstrüksiyonu nedeni mesane trabekülasyonuna veya duvar kalınlaşmasına neden olur. Gros hidronefrozu VUR ve displastik böbrekler sık görülen bulgulardır (31).

2.4. Üriner Patolojilerde Görüntüleme Yöntemleri

2.4.1. Direkt Üriner Sistem Grafisi (DÜSG)

DÜSG renal kolik ile başvuran hastalarda ucuz ve kolay ulaşılabilir olduğundan ilk basamak görüntüleme yöntemidir. Süperiorde 12. torakal vertebra inferiorde ise simphysis pubisi kapsamalıdır. Böbrek yerleşimi, boyutu, konturları, psoas kas konturları, görüntü alanına giren aksiyel iskelet, intestinal gaz dağılımı, toraks bazalleri ve fizyolojik ve patolojik kalsifikasyonlar değerlendirilir. Üriner sistem taşları genellikle radyoopaktır ve grafide saptanabilir (kalsiyum oksalat, kalsiyum fosfat, magnezyum-amonyum fosfat). Sistin taşları

semiopaklır ve DÜSG'de saptanması zor olabilir. Ürik asit ve ksantin taşları non opaklır ve DÜSG'de görülmez. Ne yazık ki, üriner sistem taşlarının saptanmasında radyografinin genel olarak yalnızca yaklaşık %60 duyarlı olduğu bulunmuştur (32). Bağırsak içeriği, komşu yumuşak dokular, süperpoze gaz ve kemik yapılar küçük radyoopak taşları gizleyebilir. DÜSG ile saptanan taşın ortalama boyutu 4.2 mm iken; gözden kaçırılan taşın ortalama boyutu 3,1 mm'dir (33). Radyolüsen (nonopak) taşları olan hastalar için BT veya ultrasonografi daha iyi tanısal alternatiflerdir.

2.4.2. İntravenöz Ürografi

İntravenöz Ürografi (IVU), uzun yıllardır pediatrik üroradyolojide temel dayanaklardan biri olmuştur. Kullanımı ve tipik bulguları iyi tanımlanmış ve standardize edilmiştir. Bununla birlikte, renal sintigrafinin yerleşik ve yaygın kullanımı, MRU'nun ortaya çıkışı ve USG teknik ilerlemeleri ile (özellikle harmonik görüntüleme, compound görüntüleme, yüksek çözünürlüklü US veya renkli Doppler ve kontrastlı sonografi gibi modern yöntemler ve uygulamalar uygulanırken) IVU kullanımı az sayıda endikasyonla dramatik olarak azaldı (34). Günümüzde potansiyel endikasyonları; MRU'ya kısıtlı erişim olduğu nadir durumlarda pre ve postoperatif görüntüleme vakaları, BT olmadığı durumlarda şüpheli renal ve üriner travma vakaları, USG nin tedavi kararı için yetersiz olduğu ürolitiazis vakaları ve kaliks divertikülü, medüller sünger böbreğin erken evreleri, ureteral valvler gibi pelvikalisiyel veya üreter patolojisi olan hastalardır.

IVU'da parenteral yoldan uygulanan bir kontrast madde yardımıyla böbrekler ve idrar yolları görüntülenir. Kontrast madde enjeksiyonu ile ilişkili mide bulantısı veya kusma riskinden dolayı boş mide yararlı olacağından gece yarısından sonra yemek yenmemesi faydalıdır. Laksatif kullanımı fayda gösterebilir. Görüntülemeden önce mesane boşaltılır (35). Önce hasta sırtüstü yatarken böbreklerin üstünden simfizis pubisin altına kadar tüm üriner traktı içerisine alan direkt grafi çekilir. İntravenöz yolla 1ml/kg olacak şekilde noniyonik iyotlu kontrast madde uygulanması sonrasında 1,3 ve 10. dakikalarda direkt grafler elde edilir. Herhangi bir obstrüksiyon tespit edilmediyse, inceleme tamamlanır. Obstrüksiyona işaret eden bulgular varsa, obstrüksiyonun düzeyi belirlenmeye çalışılarak grafler belirli aralıklarla tekrarlanır (36).

Bu, kontrast enjeksiyonundan 1 gün sonra bile filmlerin elde edilmesini gerektirebilir. Böbreklerde kalikslerin ve renal pelvisin daha iyi görüntülenmesi amacıyla kompresyon yöntemine başvurulabilir.

IVU ile toplayıcı sistemin morfolojik değerlendirmesi ve indirekt olarak renal fonksiyon ile ilgili bilgi alınabilmesi mümkündür. Toplayıcı sistemde üstün anatomik değerlendirme, kalkül-kalsifikasyonu saptama duyarlılığı, obstrüksiyon varsa gösterme ve seviyesini saptama, toplayıcı sistemdeki dolum defektlerini gösterme ve renal ve üreter kontur ve seyirlerinin değerlendirilebilmesine imkân tanınması avantajlarıdır. Kontrast madde kullanımı gerektirmesi ve iyonize radyasyon maruziyeti kullanımını sınırlayan parametrelerdir. İyot içeren kontrast maddenin kullanımı alerji riski veya böbrek yetmezliği gibi klinik durumlarda mümkün olmamaktadır. Ayrıca toplayıcı sistemin ileri derece dilatasyonu ve rölatif fonksiyonel yetersizlik durumunda toplayıcı sistemde yeterli kontrast madde yoğunluğunun sağlanamaması nedeniyle geç görüntülere ihtiyaç duyulması ve buna bağlı artan radyasyon maruziyeti kullanımını sınırlandırabilir.

2.4.3. Retrograd ve Antegrad Pyelografi

Retrograd pyelografi, sistoskopik olarak üreter orifisi kanüle edildikten sonra retrograd olarak kontrast enjeksiyonunu gerektirir ve kontrast maddeye karşı alerjik reaksiyon öyküsü veya diğer kontrendikasyonlar nedeniyle IVU yapılamadığında veya uygun olmadığında üreteri ve toplayıcı sistemi görüntülemek için kullanılır. Bu prosedür üriner obstrüksiyonun yeri ve nedenini belirleyebilir. Kontrastın retrograd enjeksiyonundan genellikle 10 dakika sonra elde edilen bir postdrenaj filminin dahil edilmesi yararlıdır. Kontrast toplayıcı sistemde görüntülenmediğinde obstrüksiyon olası değildir. Ancak birçok durumda retrograd pyelografi, üriner sistemin obstrüksiyonu ve dilatasyonunu ayırt edemez. Belirgin şekilde dilate, ancak nonobstrükte bir üreter, kontrastı esas olarak yerçekimi ve sürekli idrar akışı ile ortadan kaldırır. Dehidrate, sırtüstü ve retrograd pyelografi performansı için litotomi pozisyonunda olan bir hastada, dilate ancak tıkalı olmayan bir üreter, büyük olasılıkla bir postdrenaj filminde kontrast maddeyi gösterecektir. İdrar yolu enfeksiyonları retrograd piyelografinin sonrasında oluşabilir.

Eğer tıkanıklık izleniyorsa, konvansiyonel tedavi ile kontrol edilmesi zor olan idrar yolu enfeksiyonu oluşma riski yüksektir. Bu nedenle, retrograd pyelografi sırasında obstrüksiyon teşhisi konulursa, tıkalı bir idrar yolundaki enfeksiyonun istenmeyen sonuçlarından kaçınmak için obstrüksiyonun yeterli drenajını sağlamak zorunludur (37).

Antegrad piyelografi, üriner traktı görüntülemek için kullanılan bir diğer yöntemdir. IVU veya retrograd piyelografinin yetersiz veya kontrendike olduğu durumlarda üriner traktı görüntülemek istendiğinde kullanılır. Perkütan olarak toplayıcı sisteme yerleştirilen kateter yardımıyla kontrast madde verilerek uygulanır. Her iki tetkik de invaziv yöntemler olduğundan pediatrik yaş grubunda ancak sedasyon-anestezi varlığında yapılır. Üriner sistem ile ilgili kısmi bilgi sağlandığından dolayı genellikle ilk uygulanacak incelemeler değildir.

2.4.4. Voiding Sistoüretrografi (VSÜG)

Voiding sistoüretrogram (VSÜG), pediatrik radyoloji bölümlerinde sık olarak uygulanan floroskopik incelemelerden biridir. Alt ürogenital sistemin anatomisi ve işlevini belirlemek için kullanılan görüntüleme yöntemi olmaya devam etmektedir. İdrar yolu enfeksiyonları (İYE), vezikoüreteral reflü (VUR), antenatal renal dilatasyon, konjenital renal anomaliler, posterior üretral valvler (PUV), mesane divertikülü, hipospadias, kloakal anormallikler, Müllerian kanal kalıntıları, imperfore anüs, mesane boynu travması, ürolitiazis, böbrek transplantasyonu dahil olmak üzere çeşitli klinik durumları olan hastaların araştırılmasında endikedir (38). Teknik olarak, kontrast madde ile mesane dolumu sağlamak amacıyla mesane sonda yardımıyla kataterize edilir. Floroskopi altında, kontrastın mesaneye girişi ve anatomi değerlendirilir. Mesane dolumu esnasında pasif veya işeme esnasında aktif olmak üzere kontrast maddenin üreterlere ve böbreklere geçişi vezikoüreteral reflü tanısını koydurur ve şiddet derecesine göre reflü skorlanır (39). İyonize radyasyon kullanımı ve kısmen invaziv yönü dezavantajlarıdır.

2.4.5. Ultrasonografi

Ultrasonografi, pediatrik üroradyolojide temel görüntüleme modalitesidir. İyonize radyasyon kullanılmaması ve özellikle pediatrik yaş grubunda doku bileşimi ve vücut yapısı nedeniyle ayrıntılı değerlendirmeye olanak sağlaması günlük pratikte sık kullanılmasına olanak sağlar (40).

Fetal hidronefroz, prenatal ultrasonografi incelemelerinde en sık olarak saptanan anormalliği oluşturmaktadır (41). Prenatal olarak saptanan hidronefroz olgularının çoğu gebelik bitimi veya postnatal yaşamın ilk yılı içerisinde geriler. Bu yüzden vakaların çoğunda ayırıcı tanıda en sık fizyolojik hidronefroz yer alır. Diğer hidronefroz nedenleri olarak üreteropelvik bileşke obstrüksiyonu, konjenital megaüreter, posterior üretral valv, vezikoüreteral reflü, ektopik üreter, üreterosel, megakalikozis, basit renal kist, urakal kist, ovaryan kistler, hidrokolpos, sakrokoksigeal teratom, intestinal duplikasyon ve anterior meningosel gibi patolojiler yer almaktadır. İleri derece obstrüksiyon sonucu oligo-anhidroamniyoz nedeniyle pulmoner hipoplazi oluşabilmektedir. Bu sebeple uygun klinik durum olduğunda antenatal girişim endike olabilmektedir.

Postnatal dönemde de üriner sistem değerlendirmesinde ilk tanı yöntemi ultrasonografidir. Prenatal dönemde saptanmış hidronefrozun takibi, postnatal dönemde renal morfoloji, renal parankim kalınlığı, parankim ekojenitesi ve toplayıcı sistemin değerlendirilmesine olanak sağlar. Yer kaplayan lezyon saptadığında solid-kistik ayırımında yardımcı olur. Ayrıca radyografik olarak opak ve nonopak kalküllerin saptanmasına ve nefrokalsinozis tanısına yardımcı olur. Alt üriner sistem özelinde mesane morfolojisinin değerlendirilmesi, kalkül, divertikül ve üreterosel gibi patolojilerin saptanmasını sağlar.

Avantajları; kolay ulaşılabilir ve uygulanabilir olması, iyonize radyasyon içermemesi ve kontrast madde uygulanmasını gerektirmemesidir. Ayrıca ihtiyaç duyulan durumlarda görüntüleme eşliğinde girişimsel işleme izin verir. Dezavantajları ise operator bağımlı olması, renal fonksiyon değerlendirmesinin yapılamaması, normal üreterlerin değerlendirilememesi ve ileri derece dilate sistemlerde üriner sistem değerlendirmesinin optimal olarak yapılamamasıdır.

2.4.6. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

BT, çeşitli pediatrik ürolojik hastalıklarda önemli bir rol üstlenmektedir. Görüntü kalitesinde kayıp olmadan daha hızlı çekime olanak sağlayan spiral BT uygulamalarının kullanıma girmesiyle birlikte sadece birkaç saniye hareketsiz kalma şartını sağlayabilen çocuklarda uygulanması daha kolay bir teknik haline gelmiştir.

Majör abdominal veya pelvik travma, şüpheli veya kanıtlanmış renal veya pelvik malignite, tüberküloz veya ksantogranüloamatöz piyelonefrit gibi atipik veya kronik idrar yolu enfeksiyonlarında problem çözücü olarak, ultrasonografi tetkiki ile saptanamayan renal kalkül hastalığında kesin bir cevap olarak, konjenital ürogenital anormallerin, özellikle mesane ekstrofisinde kemik pelvis anatomisinin araştırılması için tercih edilen görüntüleme yöntemidir (42). Ayrıca renal transplantasyon sonrasında vasküler komplikasyonların araştırılmasında kontrast madde kullanılarak uygulanan BT anjiyografi tetkiki yarar sağlamaktadır. Multiplanar görüntü sağlama, kalsiyumun mükemmel değerlendirmesine olanak tanıyan yüksek kontrast çözünürlüğü, hızlı çekim süresine bağlı hafif sedasyon veya sedasyon kullanılmadan görüntülemeye izin vermesi avantajları iken; özellikle gonadal yapılar olmak üzere radyasyon maruziyeti ve zaman zaman nefrotoksik ve alerjik kontrast madde kullanımı gerektirmesi dezavantajlarıdır (42,43).

2.4.7. Radyonüklid Görüntüleme

Pediyatrik hastalarda uygulanan radyonüklid tekniklerinin ana amacı, diğer tanı yöntemleriyle kolayca elde edilemeyen fonksiyon bilgisinin sayısal değerinin elde edilmesidir. Tüm bu prosedürler için radyasyon yükü 1 mSv'nin altındadır ve intravenöz ürografi, BT taraması ve VSÜG ile kıyaslandığında genellikle çok daha düşüktür. Hastanın yaşı ne olursa olsun, ilaç sedasyonuna nadiren ihtiyaç duyulur (44).

Dinamik böbrek sintigrafisinde, görüntülemeye Teknesyum 99m (Tc-99m) ile işaretli dietilentriaminopentaasetik asit (DTPA) veya merkaptosetiltriglisin (MAG3) isimli farmasötik ajanlar intravenöz olarak uygulanır. Daha sonra renal perfüzyon ve radyonüklid ajanın

glomerüler filtrasyon (DTPA) veya tübüler sekresyon (MAG3) vasıtasıyla üst ve alt toplayıcı sistemlere geçişi değerlendirilir. Tc-99mMAG3 (merkaptasetiltriglisin) özellikle infantlarda renografide tercih edilmektedir.

Görüntüleme için kliniğe gelmeden önce hazırlık genellikle gerekli değildir. Üriner obstrüksiyon şüpheli vakaların tanısında intravenöz hidrasyon daha güvenilir olmakla birlikte hasta intravenöz yoldan sıvı alamayacaksa gelmeden önce ve servisteyken oral hidrasyon teşvik edilir.

Mesane kateterizasyonu her zaman gerekli değildir ancak mesane patolojisi olan hastaların değerlendirilmesi gerekiyorsa gerekebilmektedir. Özellikle nörojen mesane, vezikoüreteral reflü, mesane disfonksiyonu veya posterior üreteral valv gibi hastalık durumlarında devamlı üriner drenaj önerilmektedir (45). Mesane etkisini değerlendirmek için bazen çalışmadan sonra hastayı kateterize etmek de gerekebilmektedir. Bazı durumlarda mesane kateterizasyonu ile obstrüksiyon tanısı daha güvenilir olarak yapılır. Kateterize edilmeyen daha büyük yaş çocukların çalışmadan önce tamamen idrarlarını boşaltmaları istenir.

Üriner trakt obstrüksiyonu ile gelen hastalarda ya da görüntüleme esnasında toplayıcı sistemde radyonüklid staz izlendiğinde, intravenöz diüretik uygulanır. Kullanımı kabul gören diüretik furosemid olup doz 1 mg/kg dır (Total doz 20 mg). Obezite, kronik diüretik kullanımı veya unilateral veya bilateral böbrek fonksiyon bozukluğu durumlarında daha yüksek diüretik dozu gerekli olabilir. Diüretik furosemidin (F) enjeksiyon zamanı için 3 farklı yaklaşım vardır. İlk olarak Amerikan Fetal Üroloji Derneği tarafından onaylanan yöntemde diüretik, radyofarmasötikten 20 dakika veya daha sonra (F+20 veya üzeri), tüm dilate sistem radyonüklid ajan ile dolduğunda enjekte edilir. İkinci olarak Avrupa'da geliştirilen yöntemde diüretik, radyofarmasötigin enjeksiyonundan 15 dakika önce enjekte edilir (F-15). Son olarak Amerika Birleşik Devletleri ve Avustralya'daki bazı laboratuvarlar tarafından kullanılan F0 yönteminde radyofarmasötik ve diüretigin eş zamanlı enjeksiyonu uygulanır (46). Obstrüksiyon durumunda toplayıcı sistemden radyonüklid drenajı gecikir. Obstrüktif olmayan bir üriner sistem dilatasyonu (vezikoüreteral reflü gibi) varlığında radyonüklid drenajı gecikebilmekle birlikte intravenöz furasemid uygulanması sonrası toplayıcı sistemden radyonüklid madde drenajı gerçekleşir.

Görüntü kaydı, seçilen tekniğe bağlı olarak, 30-60 dakika süreyle 15 ila 30 saniyelik kanlanma ve 60 saniyelik fonksiyon seri görüntüler alınarak yapılır. Görüntüleme posterior

projeksiyondan gerçekleştirilmekle birlikte transplante böbrek ve ektopik pelvik böbrek olgularında anterior projeksiyondan da görüntü almak gerekir.

Böbrekler ile çevresindeki zemin aktivite üzerine ilgi alanları çizilerek zaman-aktivite eğrileri (renogram eğrileri) elde edilir. Renogram eğrisi üç fazdan oluşmakta olup birinci dakika içerisindeki ilk fazda her iki böbreğin perfüzyonu ya da kanlanması değerlendirilir. İkinci faz ekstraksiyon (konsantrasyon) fazı olup radyonüklid maddenin maksimum aktiviteye ulaşma zamanı incelenir. Üçüncü faz olan ekskresyon fazında ise radyonüklid maddenin toplayıcı sisteme geçişi, üreterler vasıtasıyla mesaneye atılımı değerlendirilir. Renogram eğrileri kullanılarak maksimum aktiviteye ulaşım zamanı (Tmax), maksimum değerinin yarısına düşen radyonüklid aktivite zamanı (T1/2) ve kullanılan radyofarmasötiğe bağlı olarak 2-5. dk lardan elde edilen diferansiye renal fonksiyonlar gibi sayısal veriler elde olunur.

Tmax renal fonksiyon ile ilişkilidir. T(1/2) nonobstrüktif-obstrüktif dilatasyonu ayırmada yardımcıdır. Radyonüklid yarılanma ömrünün 20 dakikadan daha uzun olması obstrüksiyonu düşündürmektedir. Split renal fonksiyonlar takip, klinik izlem ve cerrahi tedavi kararında etkili olmaktadır. Split renal fonksiyon her böbreğin toplam fonksiyona katkısını değerlendirdiğinden her iki taraflı bozulmuş böbrek fonksiyonları durumunda normal sınırlar içerisinde değerler elde edilebilmektedir.

Nükleer tıp görüntüleme yöntemleri ile fonksiyonel değerlendirme yapılabilmesi ve sayısal parametrelerin hesaplanabilmesi nedeniyle günümüzde fonksiyonel değerlendirmede altın standart yöntemler olarak kullanılmaktadırlar. Dezavantajları yöntemlerin düşük çözünürlüklerinden dolayı anatomik detayların belirlenmesinde yetersiz kalmasıdır. Ayrıca MR Ürografi ile kıyaslandığında sintigrafik görüntüleme yöntemlerinin düşük doz radyasyon maruziyetine yol açması bir diğer dezavantajı oluşturmaktadır (44,47).

2.4.8. Manyetik Rezonans Ürografi

Manyetik rezonans ürografi (MRU), pediatrik hastalarda idrar yolunun kapsamlı anatomik ve fonksiyonel değerlendirilmesi için giderek daha fazla kullanılmaktadır. MRU ile sağlanabilecek bilgiler, ultrasonografi, bilgisayarlı tomografi, intravenöz ürografi ve böbrek sintigrafisinin bir kombinasyonu ile elde edilene benzer ve bunu hastada herhangi bir radyasyon maruziyetine yol açmadan yapar (48).

Birçok MR ürografi incelemesi için, iki yaklaşımın kombinasyonu kullanılarak görüntüler elde edilir: Statik suya bağlı görüntüler (T2 ağırlıklı MR ürografi ya da MR hidrografi) ve ekskratuar-kontrast sonrası MR ürografi (T1 ağırlıklı MR ürografi). MR ürografi incelemeleri genellikle 35-70 dakika arası sürmektedir. İnceleme her yaştaki çocuklarda 1.5 veya 3 Tesla (T) MR cihazı ile gerçekleştirilebilir. 3T MR cihazları daha yüksek uzaysal çözünürlük sunduğundan küçük üriner trakt yapılar için daha iyi morfolojik değerlendirmeye olanak sağlamakla birlikte, 1.5T cihazlar daha homojen bir yağ baskılama sağlar ve kontrast maddenin T2 star etkileri ve cerrahi materyalden kaynaklanan artefaktlara karşı daha az hassastır.

Statik sıvı MR ürografi, idrarın uzun T2 relaksasyon süresinden faydalanarak çeşitli T2 ağırlıklı sekanslar (single shot fast spin echo [SSFSE], iki boyutlu [2D] FSE, ve üç boyutlu [3D] FSE gibi) üzerinden idrar yolunu statik bir sıvı sütunu olarak ele alır. T2-ağırlıklı MR ürografiler, kalın kesit single shot spin eko teknikleri veya benzer ince kesit teknikleriyle (single shot fast-turbo spin eko) elde edilebilir. Üç boyutlu solunumla tetiklenen sekanslar, tüm idrar yolunun hacimle işlenmiş (VR) veya maksimum yoğunluklu projeksiyon (MIP) görüntülerini oluşturmak için sonradan işlenebilen ince kesitli görüntü verileri elde etmek için kullanılabilir (49). Ağır T2 ağırlıklı statik sıvı MR ürografileri, üriner trakt obstrüksiyon düzeyini hızlı bir şekilde belirlemek için yararlıdır. Ancak obstrüksiyonun nedenini belirlemek genellikle ek sekansların alınmasını gerektirir. Statik sıvı MR ürografi, böbrek boşaltım fonksiyonundan bağımsız olması nedeniyle nonfonksiyone böbrekleri olan hastalarda kullanılabilir (50). Dinamik incelemelerde kontrast madde olarak kullanılan gadoliniumun T2 kısaltıcı etkisi nedeniyle, intravenöz uygulamadan sonra ekskratuar fazda statik sıvı MR ürografinin kullanımı uygun olmamaktadır. Ayrıca statik sıvı MR ürografi toplayıcı sistem içerisindeki idrarın varlığına bağlı olduğundan obstrükte ve dilate toplayıcı sistemleri olan hastalar için ideal olmaktadır. Non dilate toplayıcı sistemi mevcut hastalarda hidrasyon ve diüretik kullanımı MR ürografi görüntü kalitesini artırmak amacıyla uygulanan yardımcı tekniklerdir (51).

İkinci bir yaklaşım olan postkontrast-ekskratuar MR Ürografi de intravenöz gadolinium bazlı kontrast madde (genellikle 0.1 mmol/kg) uygulandıktan sonra böbrekler ve idrar yolunun anatomik görüntülemesi ve fonksiyonel değerlendirme gerçekleştirilir. Postkontrast MR ürografi nondilate ve nonobstrükte üriner sistem değerlendirmesine olanak sağlarken belirgin obstrükte sistemlerde veya belirgin azalmış böbrek fonksiyonu durumlarında katkısı sınırlı olmaktadır (52).

Dinamik görüntüleme, böbrekler ve üriner traktın çok sayıda (tipik olarak 50 veya daha fazla) 3D gradient ağırlıklı eko görüntülerinin elde edilmesine dayanır. Bu görüntüler, kontrast

maddenin parenteral uygulandığı andan itibaren 10-15 dakika sonrasına dek seri olarak (dinamik görüntülemenin ilk 5 dakikası boyunca dakikada en az 6 görüntüleme hacmi) elde edilir. Her bir hacim, 10 saniyeden daha kısa zamansal çözünürlüğe sahip olmalı, 2-4 mm kesit kalınlığına sahip ortalama 20-30 görüntü içermeli ve koronal-oblik düzlemde oryante olmalıdır. Daha sonra 3D ana görüntülerden elde edilen MIP (maximum intensity projection) görüntüler ayrıntılı anatomik değerlendirmeyi mümkün kılar (52,53). Sonuç olarak elde olunan dinamik görüntüler ile renal perfüzyon, renal parenkimal kontrastlanmanın kalitesi ve zamansal değerlendirmesi, renal pelvis ve üreterlere kontrast ıtrahının zamansal değerlendirilmesi yapılabilmekte olup görüntü sonrası işleme yöntemleriyle fonksiyon hesabı da mümkün olmaktadır.

Postkontrast MR ürografi incelemesi akut böbrek yetmezliği olan veya kronik böbrek yetmezliği olup hesaplanan glomerüler filtrasyon oranı $30 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ nin altında olan pediatrik hastalarda nefrojenik sistemik fibrozis riski nedeniyle genellikle uygun değildir. Kontrast madde uygulamasının elzem olduğu ve glomerular filtrasyon oranı düşük olgularda linear yerine makrosiklik kontrast maddeler düşük nefrojenik fibrozis riski nedeniyle tercih edilebilir (54).

MR ürografi görüntüleme öncesi intravenöz hidrasyon ve 0.5-1 mg/kg doz furosemid (total 20 mg'a kadar) toplayıcı sistem distansiyonuna yardımcı olarak üriner traktın görüntülenmesine yardımcı olur. Ayrıca kontrast maddenin üreter ve mesaneye transit zamanını kısaltır ve idrarı dilue ederek kontrast maddenin istenmeyen T2 star artefaktlarının azaltılmasına yardımcı olur (55).

Görüntüleme esnasında idrarın serbest drenajını sağlamak için mesaneye Foley sonda yerleştirilebilir. Böylece intravenöz hidrasyon ve furosemid diüreze sekonder mesane distansiyonu önlenerek hasta konforu artırılır ve üst üriner sisteme olan geri basınç azaltılır. Mesanenin değerlendirilmesini gerektiren durumlarda sonda klemplenebilir.

Fonksiyonel MR ürografi; dinamik kontrast sonrası sekanslar kullanılarak split renal fonksiyonların hesaplanması, kontrast maddenin böbrek ve toplayıcı sistemden geçişi ile ilgili birçok kantitatif parametrenin hesaplanmasında kullanılabilir. Split fonksiyonu hesaplamının en basit yöntemi, toplayıcı sistem ve renal vasküler yapılar haricindeki parankimin segmente edilerek her böbreğin toplam kontrastlanan renal parankim hacmine katkıda bulunduğu parankim miktarının belirlenmesidir. Split renal fonksiyonunu hesaplamak için alternatif yöntem "Patlak" yöntemidir. Patlak yöntemi, gadolinium bazlı kontrast sonrası T1 ağırlıklı

görüntülemelerde sinyal yoğunluğundaki değişikliğin, kontrast maddenin konsantrasyonu ile doğrudan ilişkili olduğu varsayımıyla başlar. Her böbrek için ayrı bir Patlak grafiği oluşturmak için renal parankimal ve aort sinyal intensite-zaman verilerinin matematiksel bir dönüşümünü kullanır. Patlak grafikleri, glomerüler filtrasyon hızına dayalı olarak tahmini split renal fonksiyonu sağlar (52,56).

Fonksiyonel MR ürografi tetkikinde değerlendirdiğimiz bir diğer parametre kaliseal geçiş süresidir (Calyceal Transit Time-CTT). CTT, kontrast maddenin renal korteksten kalikslere geçmesi için gereken süreye karşılık gelir (4). CTT, bilateral simetrik olmalıdır. Asimetri, nefron hasarı ile ilişkili olabilmektedir. Uzamış kaliseal geçiş süresi akut obstrüksiyona sekonder görülebilirken, kısalmış süre uzun süreli kısmi veya aralıklı üriner trakt obstrüksiyonlarında veya obstrüksiyonun cerrahi olarak giderilmesinden sonra görülebilir. Hızlı geçiş süresinin tübüler hasara ve sıvının tübüler reabsorbsiyonunun azalmasına sekonder olabileceği düşünülmektedir (4,57). Renal geçiş süresi (Renal Transit Time-RTT) ise, kontrast maddenin renal korteksten aynı taraf böbreğin alt pol seviyesindeki proksimal üretere geçmesi için gereken süredir. Renal geçiş süresi nonobstrükte-obstrükte böbreklerin ayırımında kullanılmaktadır. 490 saniyeden uzun renal geçiş süresinin obstrüksiyonu gösterdiği düşünülmektedir (58).

3.MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma Grubu

Çalışma, 2006-2021 yılları arasında İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Üroloji ve Pediatri polikliniklerinde konjenital üriner sistem anomalisi nedeniyle takip edilen, 6 aylık süreç içerisinde arada üriner sistem enfeksiyonu veya cerrahi girişim öyküsü olmadan dinamik MR ürografi ve dinamik böbrek sintigrafisi (MAG3) incelemeleri mevcut 90 hastada retrospektif değerlendirme yoluyla gerçekleştirilmiştir. Tüm olgularda, ailelere ve yaşı büyük çocuklara işlem anlatıldıktan sonra aydınlatılmış onam alınmıştır. Bu retrospektif analitik araştırmamız İstanbul Üniversitesi Klinik Araştırmaları Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Tarih:10/12/2021, Karar No: 22).

Klinik ve morfolojik MR görüntüleme sonrasında elde edilen bulgular üreteropelvik bileşke obstrüksiyonu (s:37), çift toplayıcı sistem (s:15), unilateral renal agenezi (s:6), vezikoüreteral

reflü (s:9), üreterovezikal bileşke obstrüksiyonu (s:6), konjenital megaureter (s:4), multikistik displastik böbrek (s:3), atnalı böbrek (s:2), üreterosel (s:2), posterior üretral valv (s:1), renal hipoplazi (s:3), mesane ekstrofisi (s:1) ve nörojen mesane (s:1) den oluşmaktadır (Tablo 2).

Tanı	Sayı
Üreteropelvik bileşke obstrüksiyonu	37
Çift toplayıcı sistem	15
Unilateral renal agenezi	6
Vezikoüreteral reflü	9
Üreterovezikal bileşke obstrüksiyonu	6
Konjenital megaloureter	4
Multikistik displastik böbrek	3
Atnalı böbrek	2
Üreterosel	2
Posterior üretral valv	1
Renal hipoplazi	3
Mesane ekstrofisi	1
Nörojen mesane	1

Tablo 2. Klinik ve görüntüleme yöntemleri ile elde edilen üriner sistem hastalıklarının tanıların sayısal dağılımı

Morfolojik değerlendirme amacıyla 15 çift toplayıcı sistem olgusunda (2 bilateral, 6 sağ, 7 sol) üreteropelvik bileşkeler üst ve alt olarak segmente edildikten sonra 6 unilateral renal agenezi (4 sağ , 2 sol) ve 3 multikistik displastik böbrek (1 sağ , 2 sol) olgularıyla birlikte 90 hastada sağda toplam 93 solda ise 95 üreteropelvik ünite elde edilmiştir. Böbrek boyutu, parenkim kalınlığı , renal pelvis AP çapı , ureter çapı milimetre cinsinden T2A konvansiyonel sekanslar üzerinden hesaplanmıştır. CHOP-fMRU yazılımı (Philadelphia Çocuk Hastanesi, Philadelphia, Amerika Birleşik Devletleri) ile elde ettiğimiz mililitre cinsinden renal volüm değerleri de eklenerek morfolojik parametrelerin birbirleri ile olan ilişkileri değerlendirilmiştir.

Dinamik MR ürografi sekansları üzerinden fonksiyonel değerlendirme için unilateral renal agenezi (6 hasta), multikistik displastik böbrek (3 hasta) ve dinamik incelemelerde hareket artefaktına bağlı renal parenkimin segmente edilemediği 5 hasta çıkartılarak kalan 76 hastada sağda 76 ve solda 76 toplam 152 böbreğe yönelik CHOP-fMRU yazılımı üzerinden elde edilen

volümetrik diferansiye-split renal fonksiyonlar (vDRF veya vSRF) fonksiyonel değerlendirme için standart yöntem olan dinamik böbrek sintigrafisi (MAG3) ile elde edilen split renal fonksiyonlar ile karşılaştırılmıştır. Çift toplayıcı sistem olgularında kıyaslama için üst ve alt pol olarak segmente edilmiş MAG3 sintigrafi datası olmadığından toplayıcı sistem sayısından bağımsız olarak her böbrek bir üreteropelvik birim olarak değerlendirilmiştir.

Aynı hasta grubunda üriner sistem obstrüksiyonunun değerlendirilmesi amacıyla MAG3 sintigrafisi ile radyonüklid yarılanma ömrü (T1/2) ve MR ürografi incelemelerinde yazılım üzerinden renal geçiş süresi (RTT) hesaplanmıştır. Split renal fonksiyon kıyaslamasında olduğu gibi çift toplayıcı sistem olgularında kıyaslama için üst ve alt pol olarak segmente edilmiş sintigrafi datası olmadığından toplayıcı sistem sayısından bağımsız olarak her böbrek bir üreteropelvik birim olarak değerlendirilmiş olup sağda 76 ve solda 76 böbrekte kıyaslama yapılmıştır. Obstrüksiyon göstergesi olarak RTT için 8 dk ve üzeri değerler eşik değerler olarak alınmıştır (58). Obstrüksiyonun gösterilmesinde referans yöntem olan sintigrafi tetkikinde radyonüklid yarılanma ömrü 20 dk üzerindeki olgular seçilerek üriner sistem obstrüksiyonunun değerlendirilmesi için, duyarlılık, özgüllük ve pozitif ve negatif prediktif değerlerin analizi yapılmıştır.

3.2. Dinamik MR Ürografi İnceleme Protokolü ve Görüntülerin Değerlendirilmesi

Tüm hastalara işlem öncesi intravenöz (iv) yol açılmıştır. İşlemden 30 dakika önce başlayarak işlem süresince de devam eden 10 mg/kg dozda serum fizyolojik infüzyonu yapılmıştır. İdrar atımını artırarak üriner sistem distansiyonu ve kontrast maddenin seyreltilerek artefaktların azaltılması amacıyla kontrast madde uygulanmasının 15 dk öncesinde 1 mg/kg dozunda (total 20 mg) furosemid enjeksiyonu yapılmıştır. Mesane kataterizasyonu rutin olarak uygulanmamıştır.

İnceleme için altı yaşından küçük çocuklarda ketamin ve midazolam yardımıyla sedasyona ihtiyaç duyulurken, altı yaşından büyük çocuklarda uygun sözel bilgilendirme sonrası çekim yapılmış ve sedasyon gerekmemiştir. Sedasyon yapılan hastalarda görüntüleme işlemi boyunca kan basıncı, solunum ve kalp hızı ve oksijen saturasyonu sürekli olarak izlenmiştir.

MR ürografi incelemeleri supin pozisyonda 1,5 Tesla (Magnetom Symphony ve Magnetom Aera, Siemens Healthcare) cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Vücut büyüklüğüne göre head coil veya phase array receive coil kullanılmıştır. Her üç planda lokalizer görüntülerin alınmasını takiben HASTE (single shot fast spin echo) sekansında koronal ve aksiyel plan görüntüleri alınmıştır. Aksiyel görüntüleme öncesinde 0.1 mg/kg dozda furosemid iv bolus olarak uygulanmıştır. Diafram üst kısmından başlayarak mesaneyi kapsayacak şekilde T1 ve T2 ağırlıklı görüntüler elde edilerek koronal planda ağır T2 sekanslar ile statik inceleme tamamlanmıştır. Dinamik incelemeler için T1 ağırlıklı 3D gradient eko sekansı kullanılmıştır. Kontrastsız olarak ilk tekrar görüntüler alınıp takiben 0.1 mmol/kg doz kontrast madde (gadobutrol ve gadoterat meglümin) iv bolus olarak uygulandıktan sonra tekrar kesitler alınarak dinamik incelemeler tamamlanmıştır. Postkontrast kesitlerden MIP (maksimum intensity projection) görüntüler oluşturulmuştur.

Görüntüleme sonrası morfolojik değerlendirme konvansiyonel T2A seriler üzerinden yapılmış olup böbrek boyutu, parenkim kalınlığı, renal pelvis AP çapı, üreter çapı hesaplanmıştır. Fonksiyonel değerlendirme ise yarı otomatize CHOP-fMRU yazılımı üzerinden yapılmıştır. Dinamik sekanslardan toplayıcı sistem haricindeki renal parankim segmente edilerek volümetrik split renal fonksiyonlar, kaliseal ve renal geçiş süreleri ve renal volüm hesaplanmıştır (4).

3.3. Dinamik Renal Sintigrafi

Çekimlerde pediatrik popülasyonda tercih edilen radyoizotop olan Tc99m-MAG3 ile diüretik böbrek sintigrafi yöntemi kullanılmıştır. İşlemden önce hasta yaş durumuna göre oral veya iv hidrasyon yapılmıştır. 3,7 MBq/kg radyonüklid ajan ve 1 mg/kg furosemid (maksimum 20 mg) enjeksiyonu sonrası posterior dinamik görüntüler elde edilmiştir. Görüntüler, nükleer tıp uzmanı tarafından değerlendirilmiş olup Tmax, T1/2 ve split renal fonksiyon değerleri elde edilmiştir.

3.4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler NCSS (Number Cruncher Statistical System) programı vasıtasıyla yapılmıştır. Çalışma verileri tanımlayıcı istatistiksel metodlar (ortalama, standart sapma, medyan, minimum, maksimum) yardımıyla değerlendirildi. Nicel verilerin normal dağılıma uygunlukları için Shapiro-Wilk testi ve grafiksel incelemeler kullanılmıştır. Normal dağılım gösteren nicel değişkenlerin iki grup arası karşılaştırılmasında Student-t testi, normal dağılım göstermeyen nicel değişkenlerin iki grup arası karşılaştırılmasında Mann-Whitney U test kullanıldı. Nitel verilerin karşılaştırılmasında McNemar uyum testi, tanı tarama testleri kullanıldı. Nicel değişkenler arası ilişkilerin değerlendirilmesinde Pearson ve Spearman korelasyon analizi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

4.BULGULAR

4.1. Morfolojik Bulgular

Çalışmaya 43 kız (%48), 47 erkek (%52) toplam 90 hasta katılmıştır. Olguların yaşları 1 ile 216 ay arasında değişmekte olup, ortalama ve standart sapma (Ort $\pm$ Ss) 76,82 $\pm$ 62,59 ay olarak saptanmıştır.

Sağda 93 solda ise 95 toplam 188 üreteropelvik ünit incelendiğinde ünitlerin 95'inde (%50,5) dilatasyon saptanırken, 93'ünde (%49,5) pelvikaliektazi izlenmemiştir. Dilate ünitlerin 45'i (%47) sağda yerleşim gösterirken, 50'si (%53) solda yerleşim göstermektedir. Normal olarak değerlendirilen 93 üreteropelvik birimin 48'i (%52) sağda iken, 45'i (%48) soldadır. Ayrıca renal hipoplazi mevcut 3 olgudan 2 tanesi sol yerleşimli iken 1 tanesi sağ böbrekte izlenmiştir.

Üriner sistem obstrüksiyonu değerlendirildiğinde sağ toplayıcı sistemlerde %46,1 oranında sol toplayıcı sistemlerde ise %52,6 oranında obstrüksiyon saptanmıştır. Tanımlayıcı özelliklerin dağılımı Tablo 3.te gösterilmiştir.

Tablo 3: Tanımlayıcı Özelliklerin Dağılımı

Yaş (Ay)	<i>Ort±Ss</i>	76,82±62,59
	<i>Medyan (Min-Maks)</i>	70,5 (1-216)
Cinsiyet	Kız	43 (%48)
	Erkek	47 (%52)
Boyut (mm)	<i>Ort±Ss</i>	79,60±27,85
	<i>Medyan (Min-Maks)</i>	80,0 (17-156)
Parenkim Kalınlığı (mm)	<i>Ort±Ss</i>	10,37±9,42
	<i>Medyan (Min-Maks)</i>	9,1 (0-87)
Renal Pelvis AP Çapı (mm)	<i>Ort±Ss</i>	12,28±11,25
	<i>Medyan (Min-Maks)</i>	8,1 (0-52,2)
Toplayıcı Sistem	Normal ünit	93 (%49,5)
	Dilate ünit	95 (%50,5)
Üreter Çapı (mm)	<i>Ort±Ss</i>	5,08±5,06
	<i>Medyan (Min-Maks)</i>	2,9 (0-28,8)
Volüm (ml)	<i>Ort±Ss</i>	52,69±39,63
	<i>Medyan (Min-Maks)</i>	44 (0-265)

Böbrek boyutu 17 ile 156 mm arasında değişmekte olup, ortalama 79,60±27,85 mm olarak saptanmıştır.

Olguların parenkim kalınlıkları 0 ile 87 mm arasında değişmekte olup, ortalama 10,37±9,42 mm olarak, renal pelvis AP çapları 0 ile 52,2 mm arasında değişmekte olup, ortalama 12,28±11,25 mm olarak ve üreter çapları 0 ile 28,8 mm arasında değişmekte olup, ortalama 5,08±5,06 mm olarak saptanmıştır.

Olguların volüm ölçümleri 0 ile 265 ml arasında değişmekte olup, ortalama 52,69±39,63 olarak saptanmıştır.

Tablo 4: Sağ ve Sol Böbrek Ve Üreteropelvik Ünitlere Göre Boyut, Parenkim Kalınlığı ve Renal Pelvis AP Çapı, Üreter Çapı ve Volüm Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

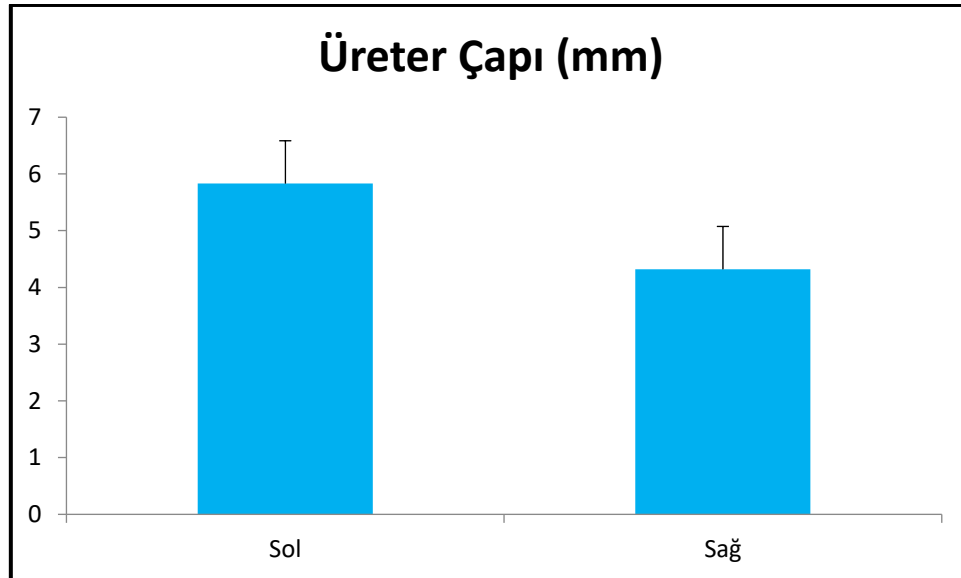
		Sol (n=95)	Sağ (n=93)	p
Boyut (mm)	<i>Ort±Ss</i>	79,29±29,81	79,92±25,85	^a 0,876
	<i>Medyan (Min-Maks)</i>	80,4 (22-151)	79,9 (17-156)	
Parenkim Kalınlığı (mm)	<i>Ort±Ss</i>	9,96±9,46	10,79±9,42	^b 0,308
	<i>Medyan (Min-Maks)</i>	8,4 (0-87)	9,7 (0-85)	
Renal Pelvis AP Çap (mm)	<i>Ort±Ss</i>	13,55±12,84	10,98±9,25	^b 0,459
	<i>Medyan (Min-Maks)</i>	7,9 (0-52,2)	8,7 (0-51,8)	
Üreter Çapı (mm)	<i>Ort±Ss</i>	5,83±5,42	4,32±4,56	^b 0,012*
	<i>Medyan (Min-Maks)</i>	3,2 (0-28,8)	2,5 (1-23,7)	
Volüm (ml)	<i>Ort±Ss</i>	51,00±43,83	54,42±34,98	^b 0,117
	<i>Medyan (Min-Maks)</i>	39 (2-265)	47 (0-171)	

^aStudent-t Test

^bMann Whitney U Test

*p<0,05

Sol üreter çapları, sağ üreter çapları ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek saptanmıştır (p=0,012).



Şekil 1: Sağ ve Sol Üreter Çaplarının Dağılımı

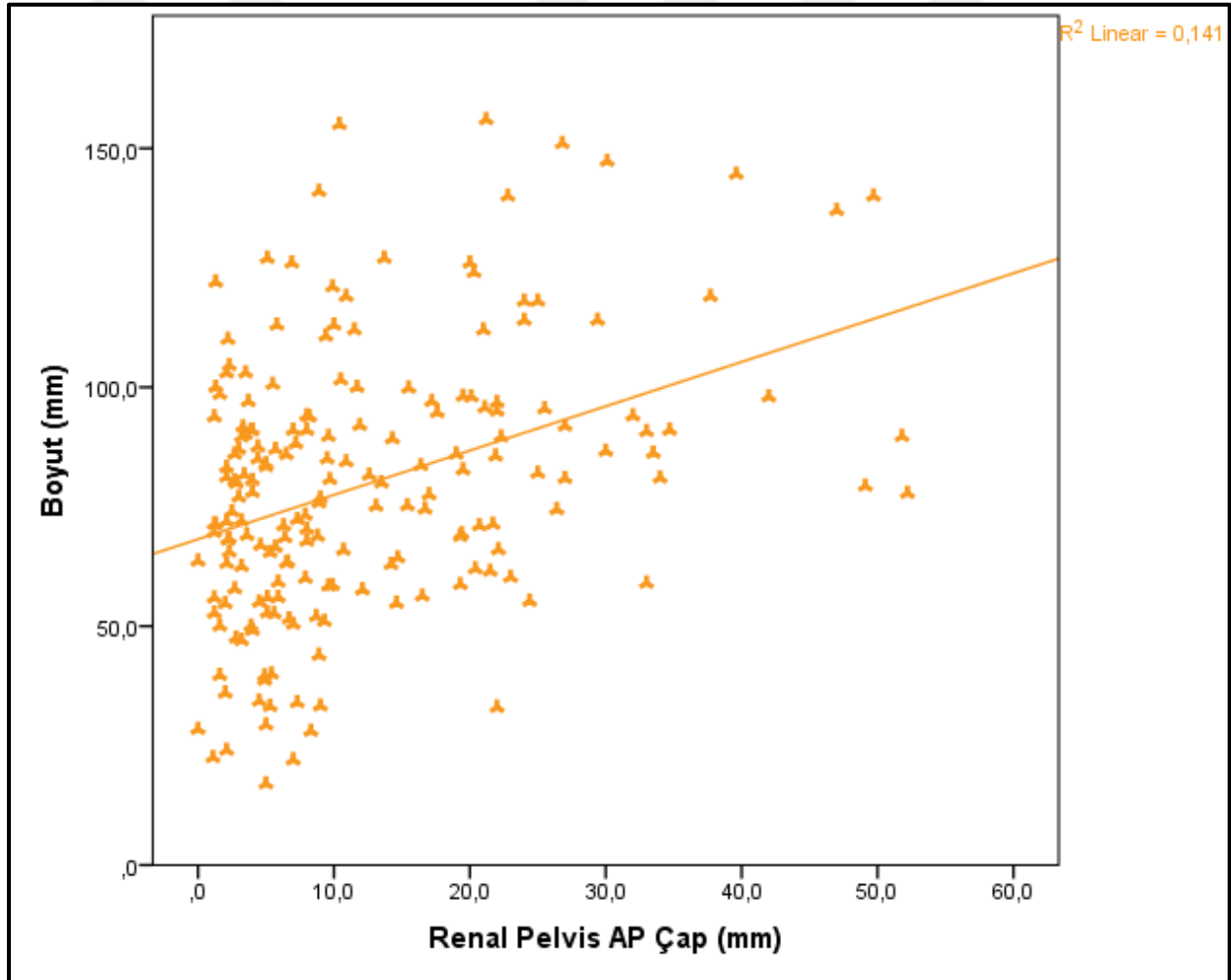
Sağ ve sol böbrek ve üreteropelvik bileşkelerin boyut, parenkim kalınlığı ve renal pelvis AP çapı ölçümleri, volümleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0,05).

Tablo 5: Renal Pelvis AP Çapı ile Boyut ve Parenkim Kalınlığı Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

	Renal Pelvis AP Çap (mm)	
	r	p
Boyut (mm)	0,345	0,001**
Parenkim Kalınlığı (mm)	-0,323	0,001**

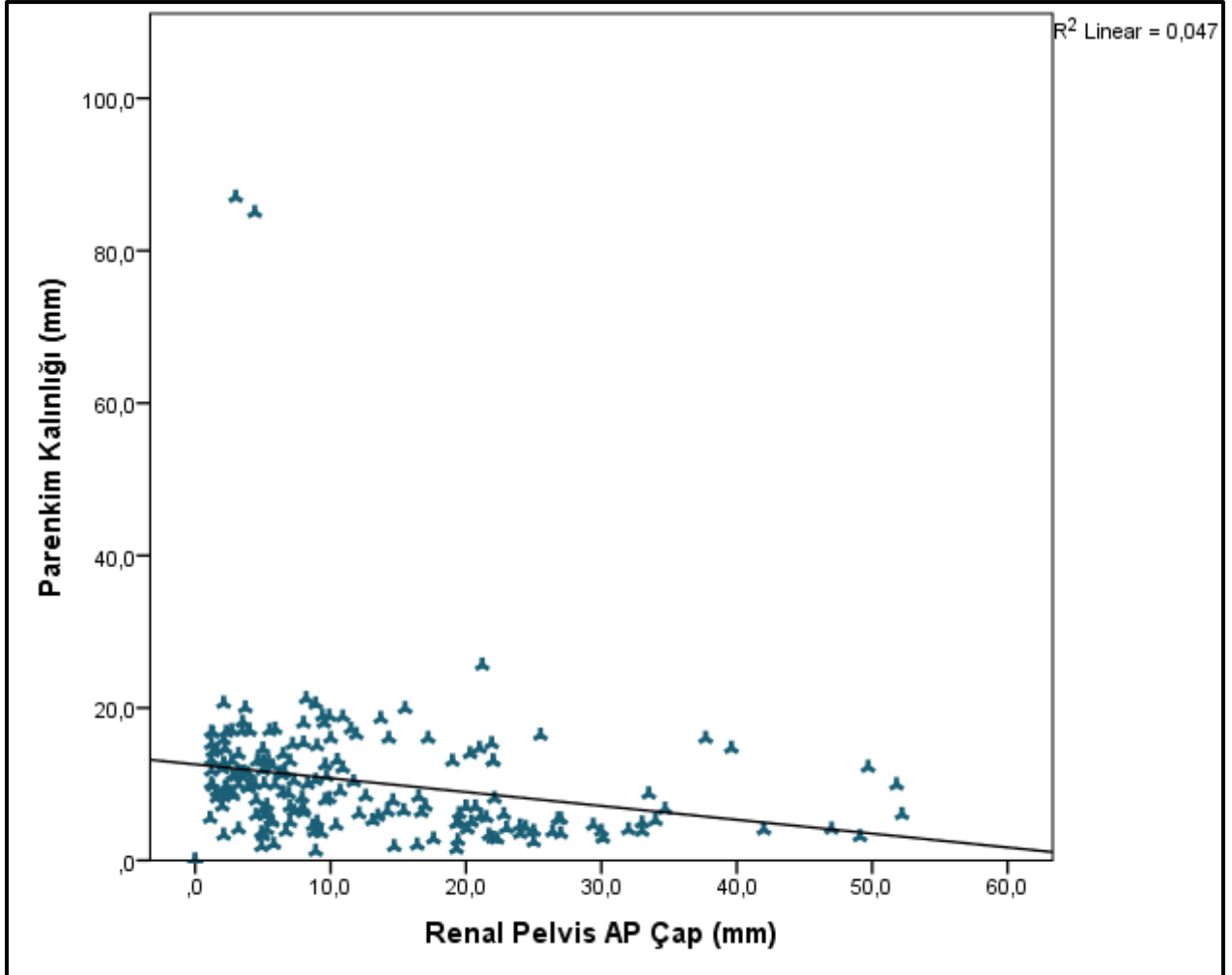
*r=Spearman's Korelasyon Katsayısı **p<0,01*

Çalışmaya katılan olguların renal pelvis AP çapı ile böbrek boyutu arasında pozitif yönlü %34,5 düzeyindeki zayıf ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r=0,345$; $p=0,001$).



Şekil 2: Renal Pelvis AP Çap ile Boyut Arasındaki İlişkinin Dağılımı

Çalışmaya katılan olguların renal pelvis AP çapı ile parenkim kalınlığı arasında negatif yönlü (renal pelvis AP çapı arttıkça, parenkim kalınlığı azalan) %32,3 düzeyindeki zayıf ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r=-0,323$; $p=0,001$).



Şekil 3: Renal Pelvis AP Çapı ile Parenkim Kalınlığı Arasındaki İlişkinin Dağılımı

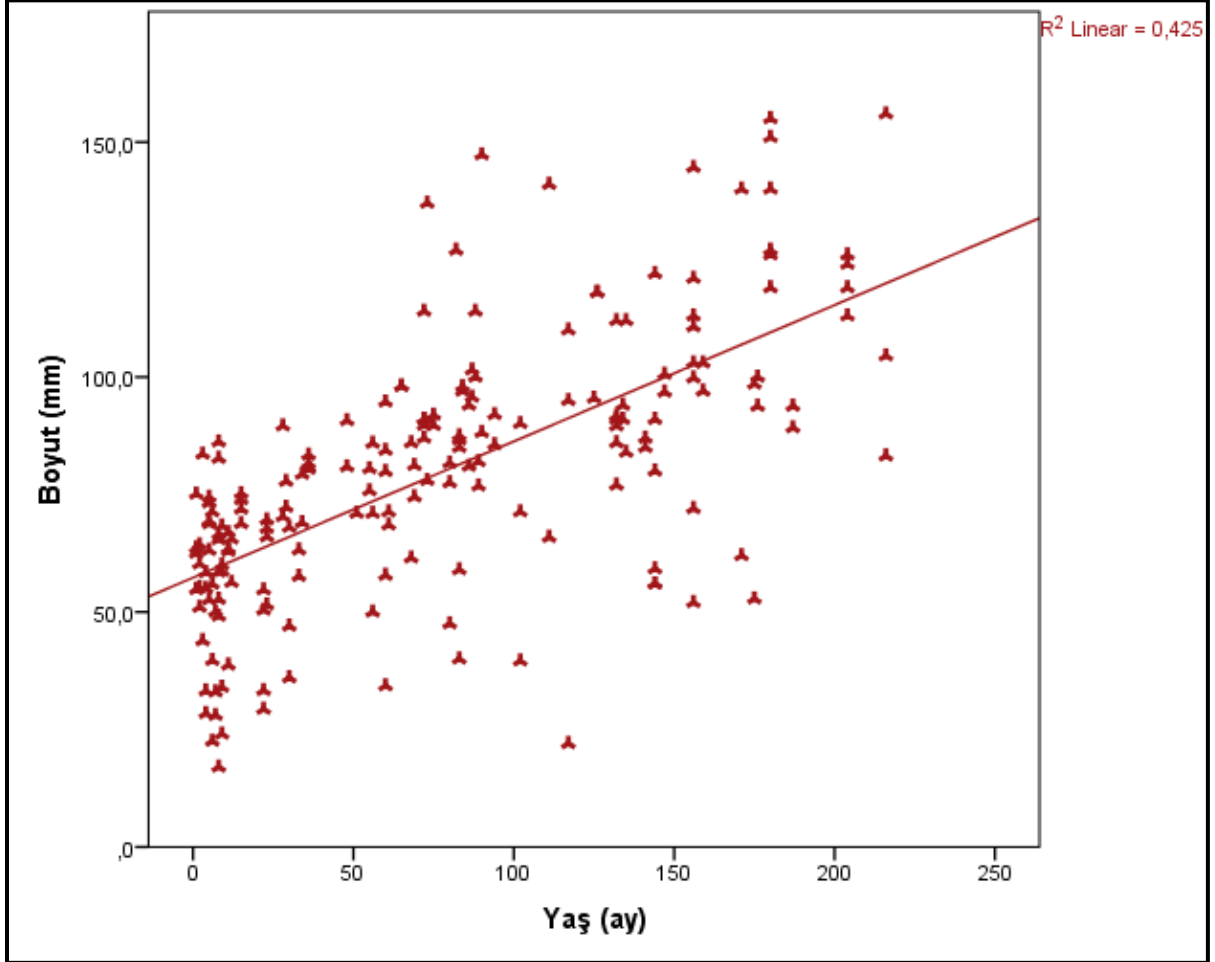
Tablo 6: Yaş ile Boyut, Parenkim Kalınlığı, Normal ve Dilate Renal Pelvis AP Çapı Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

	Yaş (ay)	
	r	p
Boyut (mm)	0,683	0,001**
Parenkim Kalınlığı (mm)	0,465	0,001**
Dilate ünitlerin AP çapı	0,237	0,021*
Normal ünitlerin AP çapı	0,250	0,016*

r =Spearman's Korelasyon Katsayısı * $p<0,05$

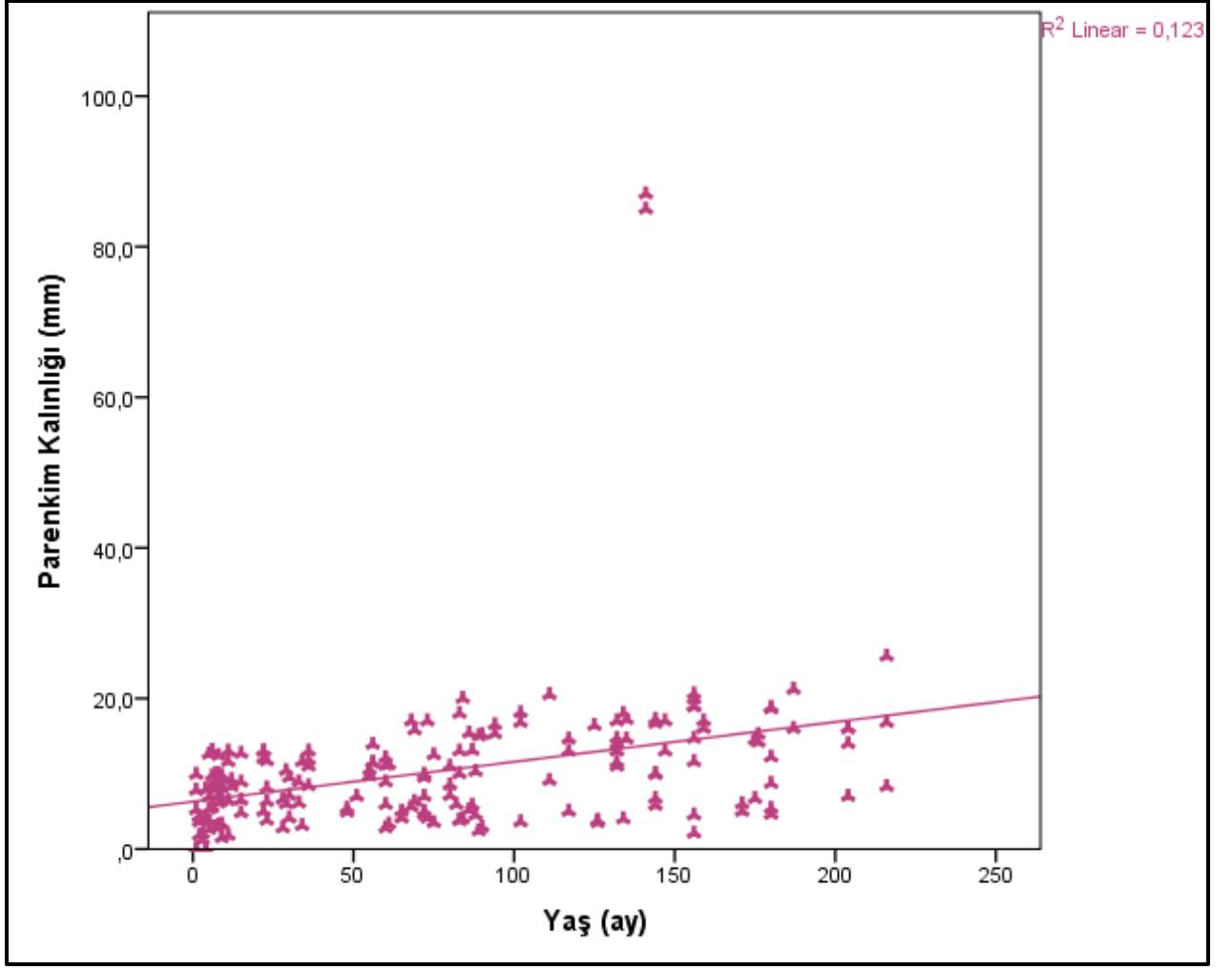
** $p<0,01$

Çalışmaya katılan olguların yaşları ile böbrek boyutları arasında pozitif yönlü %68,3 düzeyindeki orta ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r=0,683$; $p=0,001$).



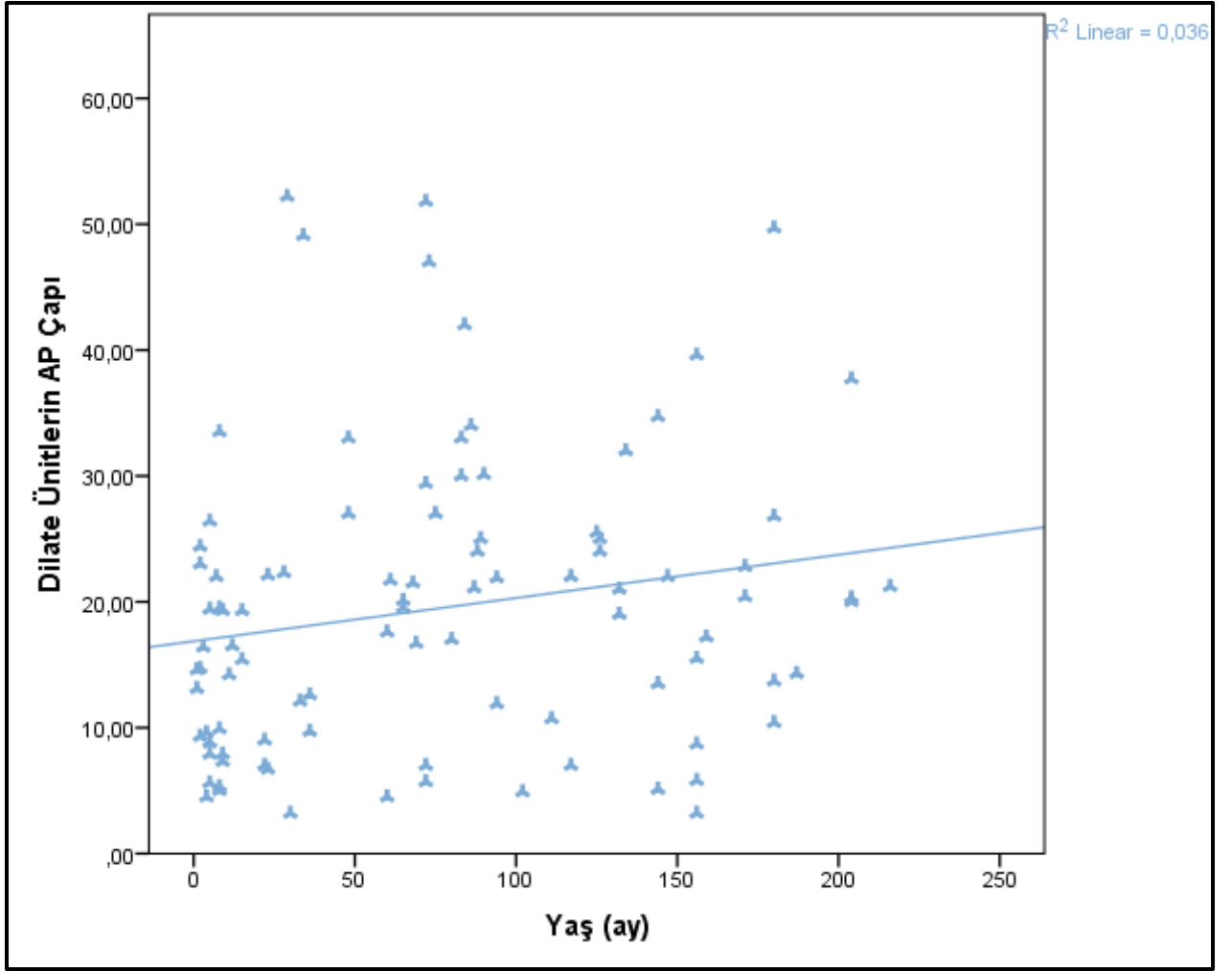
Şekil 4: Yaş ile Böbrek Boyutu Arasındaki İlişkinin Dağılımı

Çalışmaya katılan olguların yaşları ile parenkim kalınlıkları arasında pozitif yönlü %46,5 düzeyindeki orta ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r=0,465$; $p=0,001$).



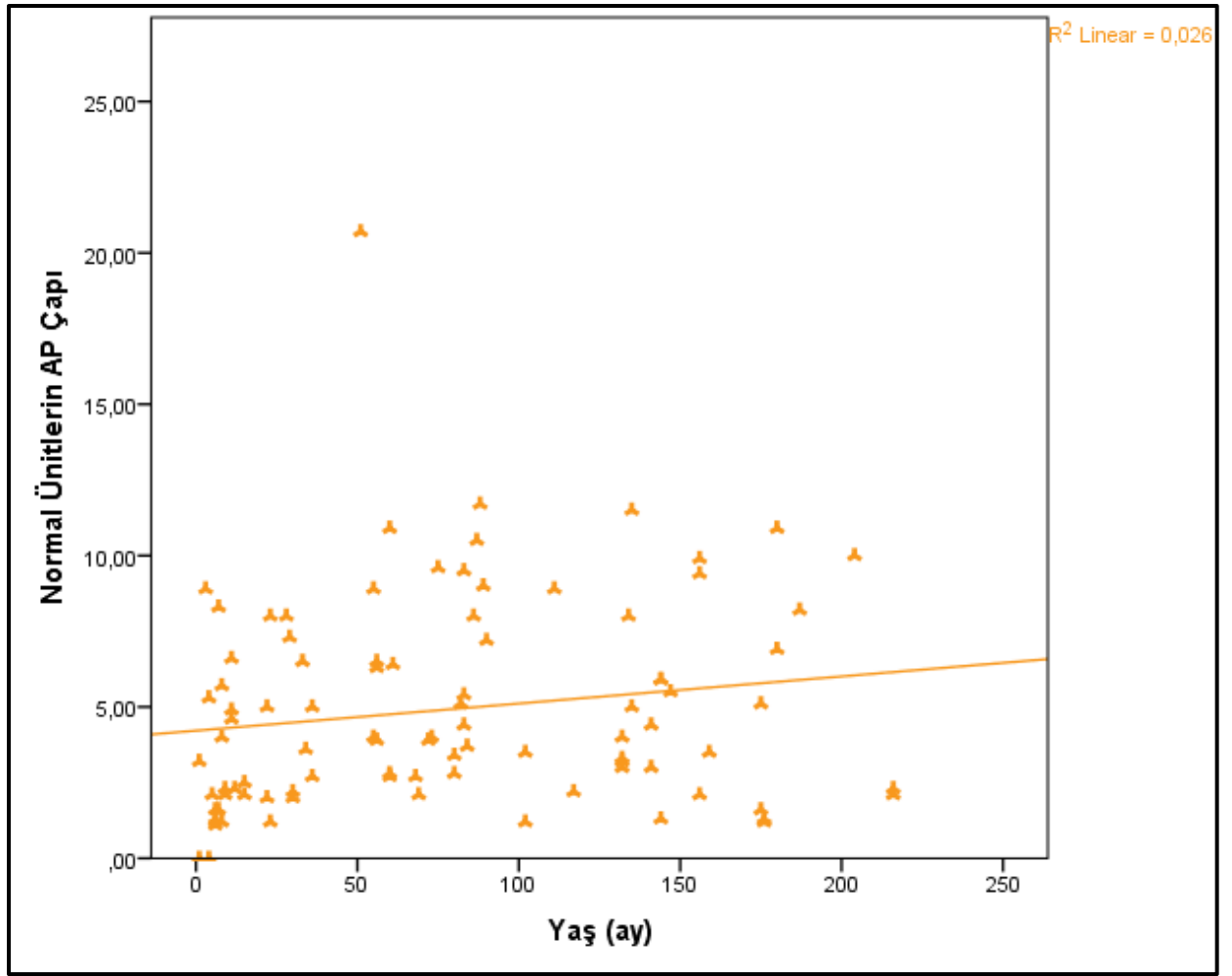
Şekil 5: Yaş ile Parenkim Kalınlığı Arasındaki İlişkinin Dağılımı

Çalışmaya katılan olguların yaşları ile dilate ünitlerin renal pelvis AP çapı değerleri arasında pozitif yönlü %23,7 düzeyindeki zayıf ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r=0,237$; $p=0,021$).



Şekil 6: Yaş ile Dilate Ünitlerin AP Çapı Değerleri Arasındaki İlişkinin Dağılımı

Çalışmaya katılan olguların yaşları ile normal ünitlerin AP çapı değerleri arasında pozitif yönlü %25 düzeyindeki zayıf ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r=0,250$; $p=0,016$).



Şekil 7: Yaş ile Normal Ünitlerin AP Çapı Değerleri Arasındaki İlişkinin Dağılımı

4.2. Split Renal Fonksiyon (SRF) Bulguları

Tablo 7: : Dinamik Renal Sintigrafi ile Dinamik MR Ürografi SRF Ölçümlerinin Dağılımı

SRF Sintigrafi	Sağ	<i>Ort±Ss</i>	52,58±17,84
		<i>Medyan (Min-Maks)</i>	52,5 (0-100)
	Sol	<i>Ort±Ss</i>	47,42±17,84
		<i>Medyan (Min-Maks)</i>	47,5 (0-100)
SRF Ürografi	MR Sağ	<i>Ort±Ss</i>	53,03±14,46
		<i>Medyan (Min-Maks)</i>	52,5 (12-87)
	Sol	<i>Ort±Ss</i>	46,87±14,50
		<i>Medyan (Min-Maks)</i>	47,5 (13-88)

Çalışmaya katılan olguların sintigrafi ile elde edilen sağ SRF ölçümleri ortalama $52,58 \pm 17,84$ olarak, sol SRF ölçümleri ortalama $47,42 \pm 17,84$ olarak saptanmıştır.

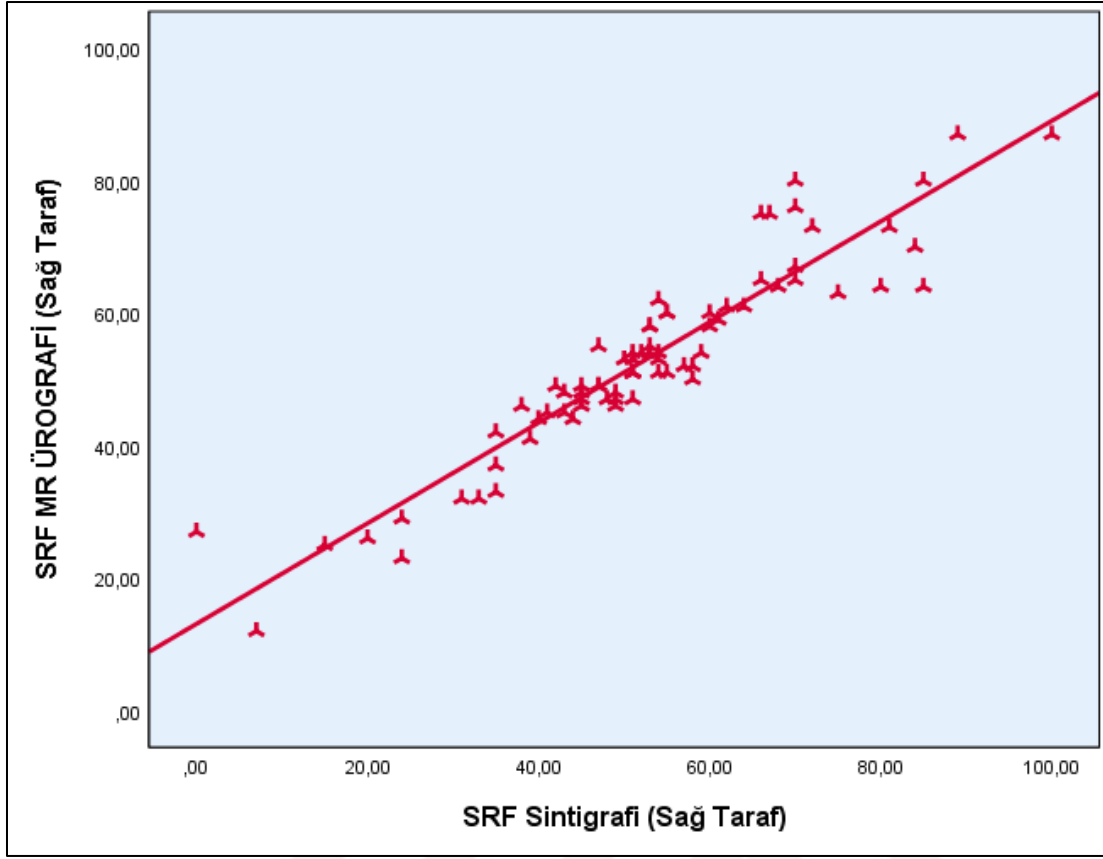
Olguların fonksiyonel MR Ürografi ile elde edilen sağ SRF ölçümleri ortalama $53,03 \pm 14,46$ olarak, sol SRF ölçümleri ortalama $46,87 \pm 14,50$ olarak saptanmıştır.

Tablo 8: Dinamik Renal Sintigrafi ile Dinamik MR Ürografi SRF Ölçümleri Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

			SRF Sintigrafi	
			Sağ	Sol
SRF	Sağ	R	0,937	-
		P	0,001**	-
MR	Sol	R	-	0,936
		P	-	0,001**

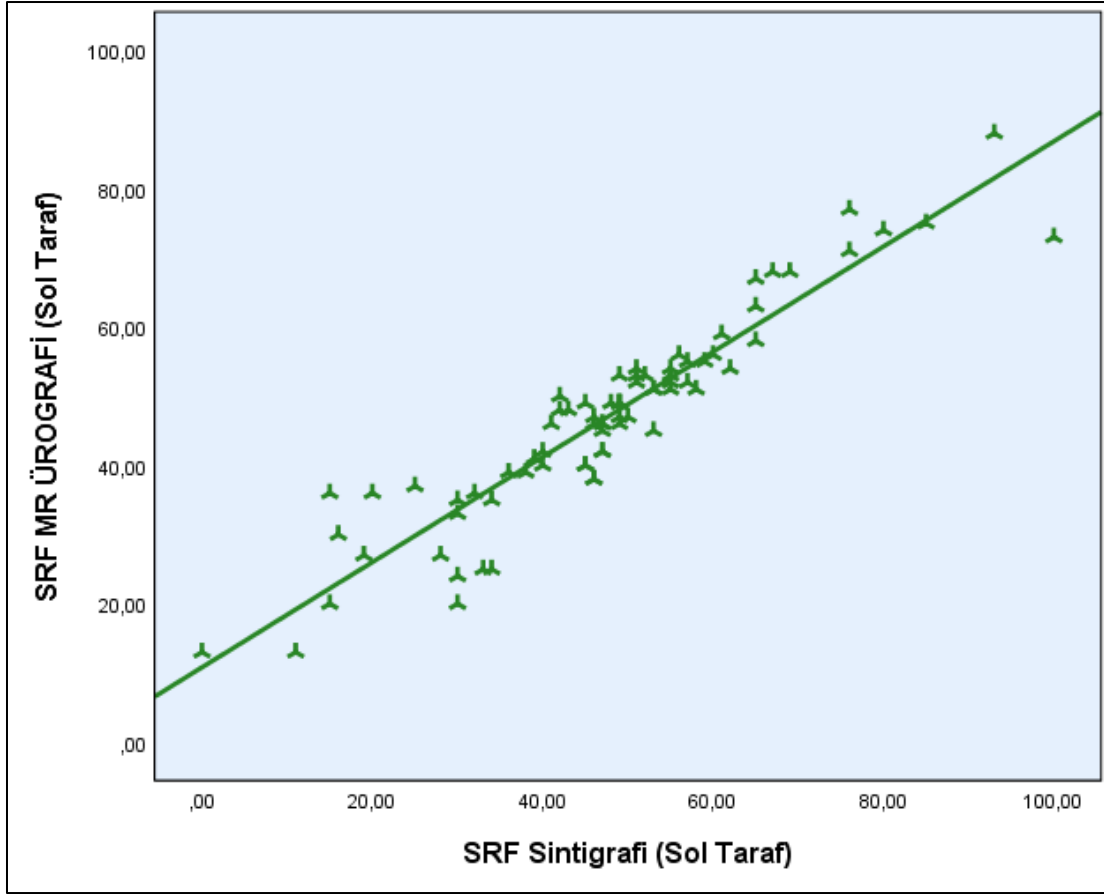
$r = \text{Pearson Korelasyon Katsayısı}$ $**p < 0,01$

Olguların dinamik renal sintigrafi ile elde edilen sağ SRF ölçümleri ile dinamik MR ürografi ile elde edilen sağ SRF ölçümleri arasında pozitif yönlü %93,7 düzeyindeki çok güçlü ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r=0,937$; $p=0,001$).



Şekil 8: Sintigrafi ve MR Ürografi ile Elde Edilen Sağ SRF Ölçümleri Arasındaki İlişkinin Dağılımı

Olguların dinamik renal sintigrafi ile elde edilen sol SRF ölçümleri ile dinamik MR ürografi ile elde edilen sol SRF ölçümleri arasında pozitif yönlü %93,6 düzeyindeki çok güçlü ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r=0,936$; $p=0,001$).



Şekil 9: Sintigrafi ve MR Ürografi ile Elde Edilen Sol SRF Ölçümleri Arasındaki İlişkinin Dağılımı

4.3. Üriner Obstrüksiyon Bulguları

Üriner sistem obstrüksiyonunun değerlendirilmesinde, duyarlılık, özgüllük ve pozitif ve negatif prediktif değerleri analiz etmek için, furosemidden sonra renal geçiş süresi ve radyonüklid yarı ömrü ile bir tablo oluşturulmuştur (Tablo 9). Üriner obstrüksiyon için uygulanan eşik değerleri, 8 dakika veya daha uzun süreli renal geçiş süresi ve 20 dakika veya daha uzun bir radyonüklid yarılanma ömrüdür.

Tablo 9: Radyonüklid Yarılanma Ömrü (T1/2) ve MR Ürografi (MRU) RTT Ölçümlerinin Dağılımı

T1/2 (Sintigrafi (dk))	Sağ	<i>Ort±Ss</i>	26,41±12,60
		<i>Medyan (Min-Maks)</i>	23,5 (0-45)
		Obstrüksiyon (+)	48 (%63,2)
		Obstrüksiyon (-)	28 (%36,8)
	Sol	<i>Ort±Ss</i>	29,49±13,36
		<i>Medyan (Min-Maks)</i>	27 (0-45)
		Obstrüksiyon (+)	55 (%72,4)
		Obstrüksiyon (-)	21 (%27,6)
RTT(MRU (dk))	Sağ	<i>Ort±Ss</i>	12,55±12,72
		<i>Medyan (Min-Maks)</i>	8 (1,3-66,7)
		Obstrüksiyon (+)	35 (%46,1)
		Obstrüksiyon (-)	41 (%53,9)
	Sol	<i>Ort±Ss</i>	13,18±11,86
		<i>Medyan (Min-Maks)</i>	9 (1,7-66,7)
		Obstrüksiyon (+)	40 (%52,6)
		Obstrüksiyon (-)	36 (%47,4)

Tablo 10: Sağ Üriner Sistem İçin T1/2 ile RTT Uyumunun Değerlendirilmesi

Sağ Taraf		T1/2 (Sintigrafi (dk))			p
		Obstrüksiyon (+)	Obstrüksiyon (-)	Toplam	
		n (%)	n (%)	n (%)	
RTT(MRU (dk))	Obstrüksiyon (+)	31 (40,8)	4 (5,3)	35 (46,1)	0,007**
	Obstrüksiyon (-)	17 (22,4)	24 (31,6)	41 (53,9)	
	Toplam	48 (63,2)	28 (36,8)	76 (100,0)	
<i>Duyarlılık</i>		64,58			
<i>Özgüllük</i>		85,71			
<i>Pozitif Kestirim Değeri</i>		88,57			
<i>Negatif Kestirim Değeri</i>		58,54			
<i>Doğruluk</i>		72,37			

McNemar Test **p<0,01

Sağ üriner sistem incelendiğinde yarılanma ömrüne göre üriner obstrüksiyonu mevcut 48 olgu saptanmış olup, RTT ile bu olguların 31 tanesi pozitif saptanırken, 17'si negatif saptanmıştır. Yarılanma ömrüne göre üriner obstrüksiyon sonucu negatif olan 28 olgu saptanmış olup RTT ile bu olguların 24'ü negatif saptanırken, 4 tanesi pozitif saptanmıştır. Buna göre testin duyarlılığı %64,58 olarak, özgüllüğü %85,71 olarak, pozitif kestirim değeri %88,57 olarak, negatif kestirim değeri %58,54 olarak ve doğruluğu %72,37 olarak saptanmıştır.

Tablo 11: Sol Üriner Sistem İçin T1/2 ile RTT Uyumunun Değerlendirilmesi

Sol Taraf		T1/2 (Sintigrafi (dk))			p
		Obstrüksiyon (+)	Obstrüksiyon (-)	Toplam	
		n (%)	n (%)	n (%)	
RTT Ürografi (dk))	Obstrüksiyon (+)	36 (47,4)	4 (5,3)	40 (52,6)	0,003**
	Obstrüksiyon (-)	19 (25,0)	17 (22,4)	36 (47,4)	
	Toplam	55 (72,4)	21 (27,6)	76 (100,0)	
Duyarlılık		65,45			
Özgüllük		80,95			
Pozitif Kestirim Değeri		90,00			
Negatif Kestirim Değeri		47,22			
Doğruluk		69,74			

McNemar Test **p<0,01

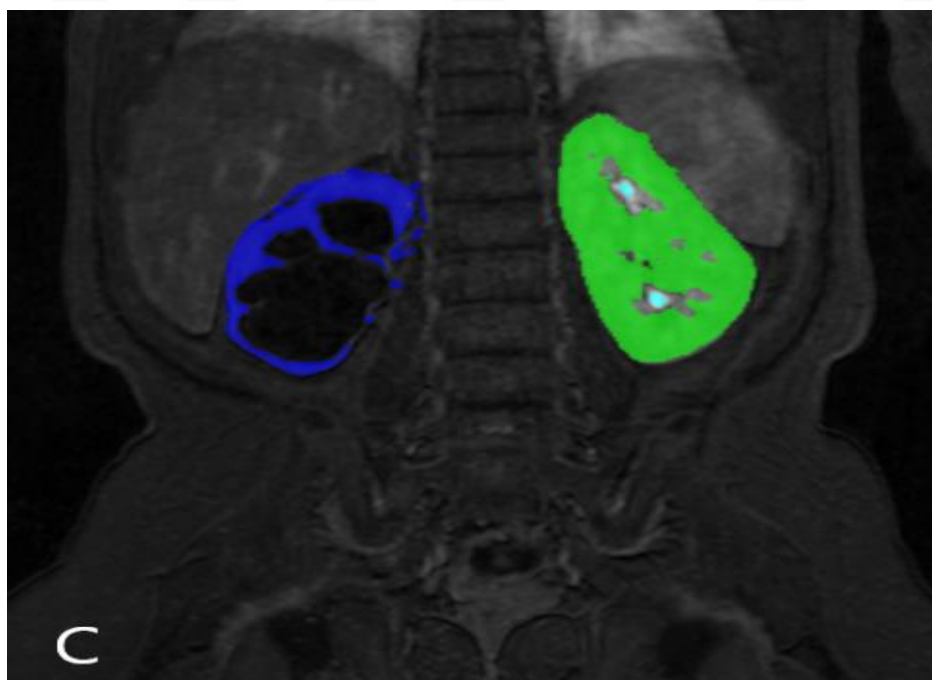
Sol üriner sistem değerlendirildiğinde yarılanma ömrüne göre üriner obstrüksiyonu mevcut 55 olgu saptanmış olup, RTT ile bu olguların 36'sı pozitif saptanırken, 19'u negatif saptanmıştır. Yarılanma ömrüne göre üriner obstrüksiyon sonucu negatif olan 21 olgu saptanmış olup RTT ile bu olguların 17 tanesi negatif saptanırken, 4'ü pozitif saptanmıştır. Buna göre testin duyarlılığı %65,45 olarak, özgüllüğü %80,95 olarak, Pozitif kestirim değeri %90 olarak, negatif kestirim değeri %47,22 olarak ve doğruluğu %69,74 olarak saptanmıştır.

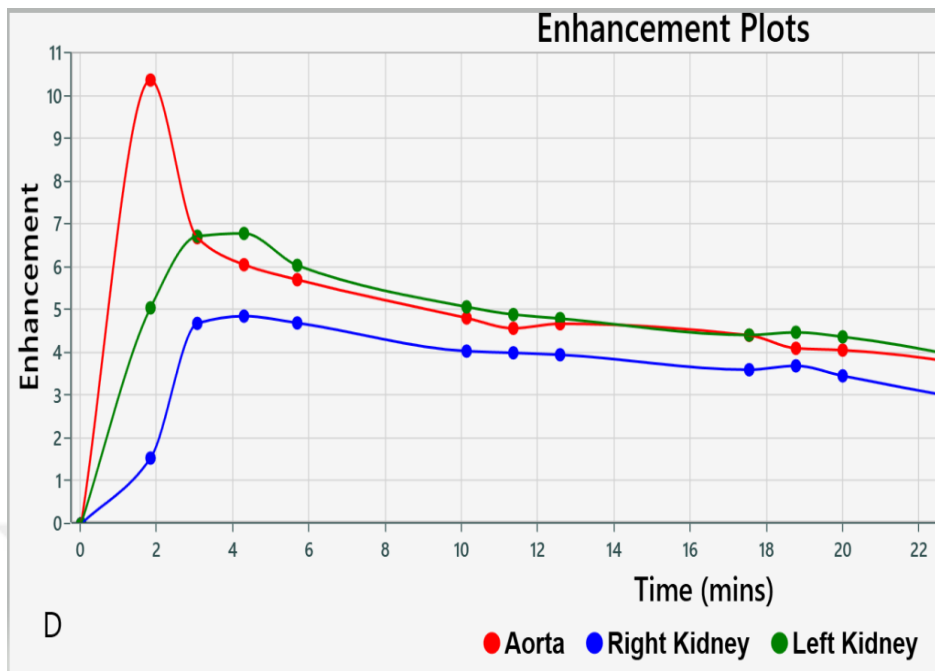
Her iki üreter sistem birlikte değerlendirildiğinde genel olarak 152 böbrekte 67 gerçek pozitif, 8 yalancı pozitif, 41 gerçek negatif ve 36 yalancı negatif olgu saptanmış olup sensitivite %65, spesifite %83, pozitif prediktif değer %90 ve negatif prediktif değer %53 olarak hesaplanmıştır.

4.4. Olgu Örnekleri

Olgu 1: Üreteropelvik bileşke obstrüksiyonu nedeniyle takipli 9 aylık kız hastanın fonksiyonel MR ürografi görüntülemesi. A-B. Yağ baskılı koronal T2A ve koronal dinamik T1A ekskretuar faz görüntülemelerde dilate renal pelvis ve kaliseal yapılar izlenmekte (görüntülerde izlenmemekle birlikte proksimal üreter kollabe). C-E. CHOP fMRU yazılımı kullanılarak abdominal aorta, sağ(mavi) ve sol(yeşil) böbrek parenkiminin segmentasyonu sonrası MR ürografi datalarından otomatik fonksiyonel analizin elde edilmesi. D. Kontrastlanma eğrilerinin hesaplanması. E. CTT, RTT ve volumetrik split renal fonksiyon gibi fonksiyonel parametrelerin hesaplanması

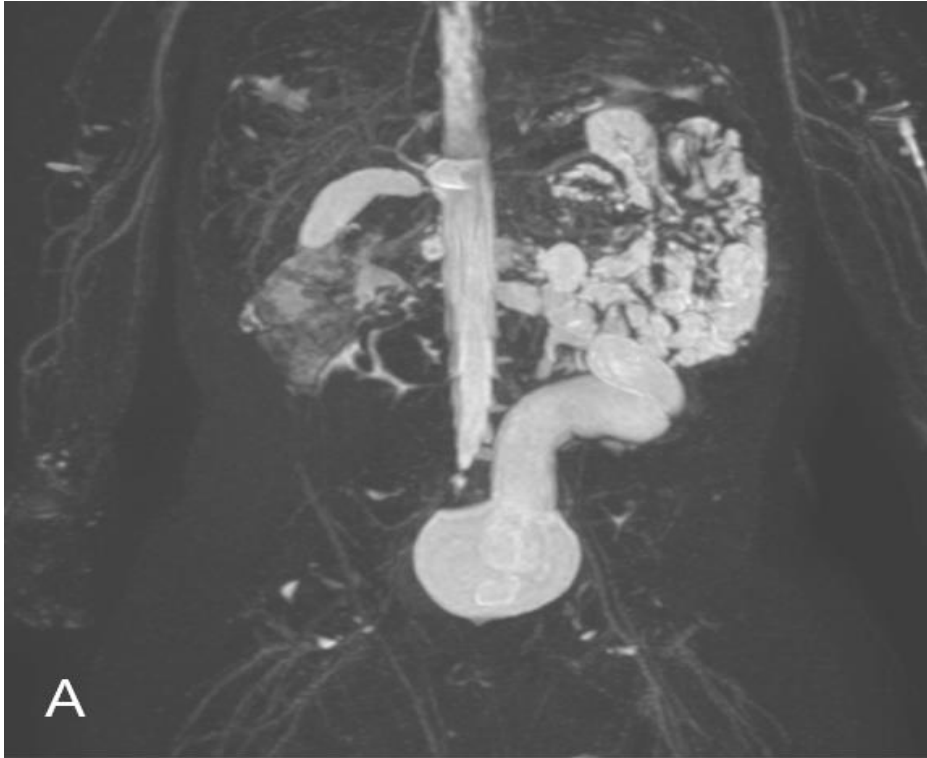


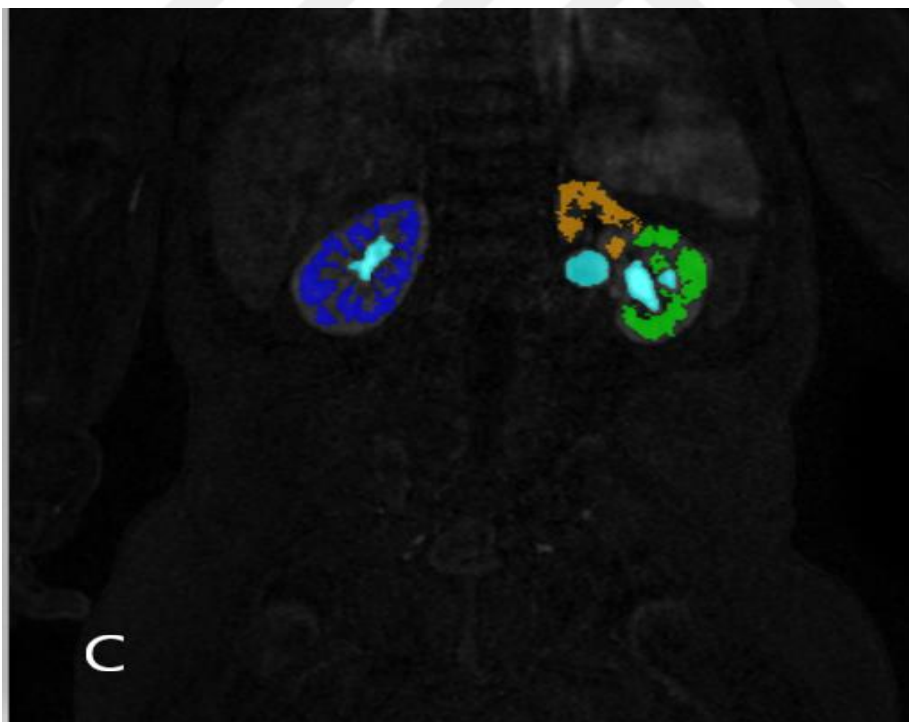
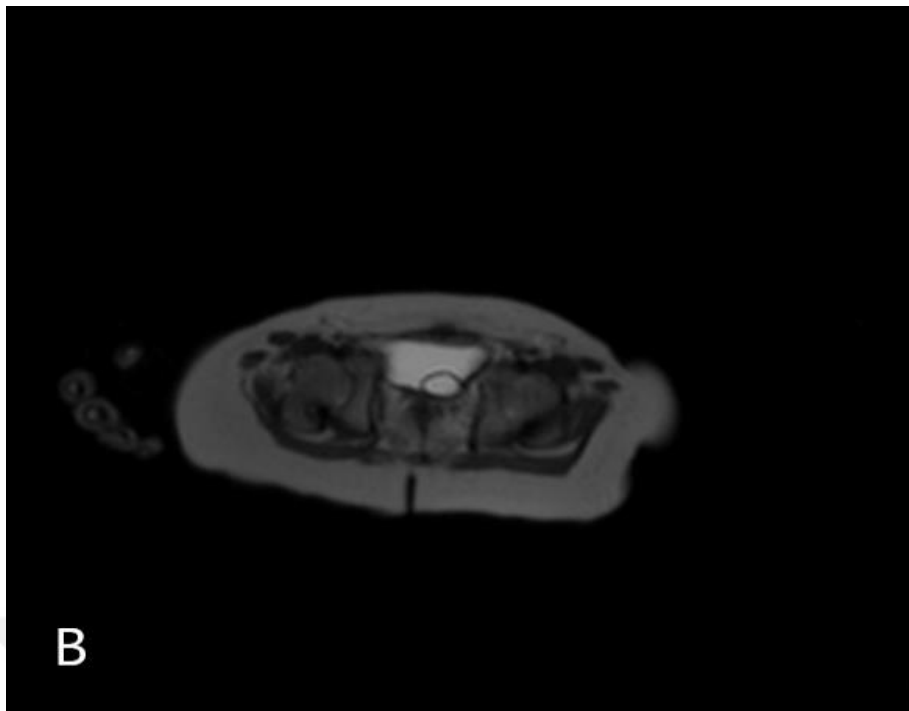


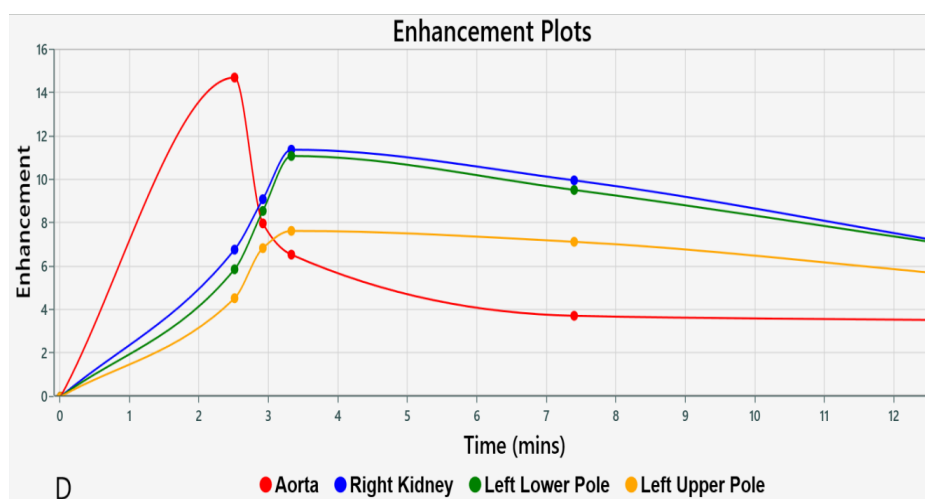


E	Right Kidney	Left Kidney
CTT [min, sec]	8m 17s	1m 14s
RTT [min, sec]	30m 55s	2m 27s
TTP [min, sec]	2m 27s	2m 27s
Volume [mL]	21,06	52,89
vDRF [%]	28,48	71,52

Olgu 2 : Sol böbrekte çift toplayıcı sistem nedeniyle takipli 6 aylık erkek hastanın fonksiyonel MR ürografi görüntülemesi. A. Ağır koronal T2A görüntülerde sol böbrek üst pol kaynaklı dilate tortuoze görünümde üreter dikkat çekmektedir. B. Aksiyel T2 HASTE görüntülerde üst polü drene eden dilate üreterin mesane insersiyonunda obstrüksiyona yol açan ürteresel izlenmektedir. C-E. CHOP fMRU yazılımı kullanılarak abdominal aorta, sağ(mavi) ve sol böbrek üst(sari) ve alt(yeşil) pol parenkiminin segmentasyonu sonrası MR ürografi datalarından otomatik fonksiyonel analizin elde edilmesi. D. Kontrastlanma eğrileri değerlendirildiğinde sol böbrek üst pol parenkiminin pik kontrastlanma miktarında azalma ve ekskretuar fazda kontrast washoutunun olmayıp eğrinin düz çizgi şeklinde ilerlediği dikkat çekmektedir. E. Sağ, sol üst ve sol alt pol böbrek parenkimlerine ait CTT, RTT ve volumetrik split renal fonksiyon değerlerini göstermektedir.

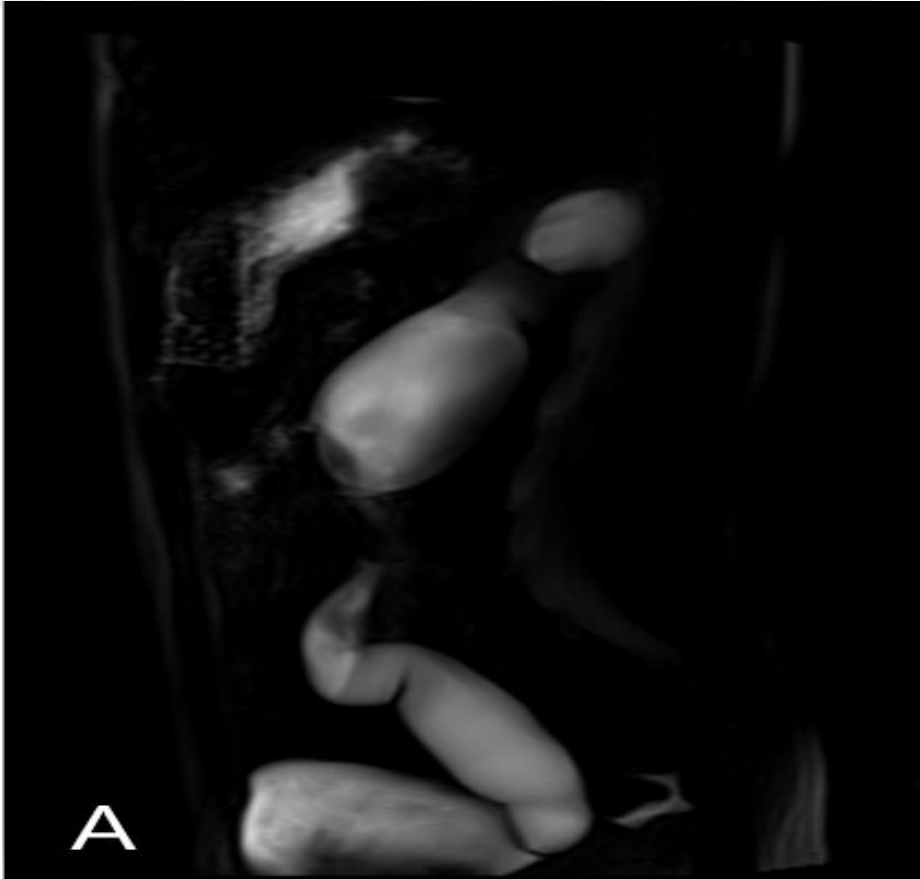


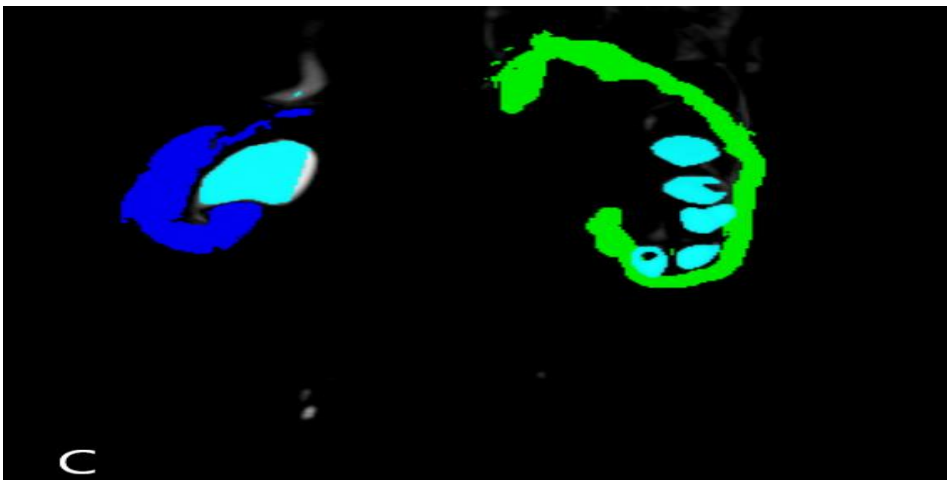
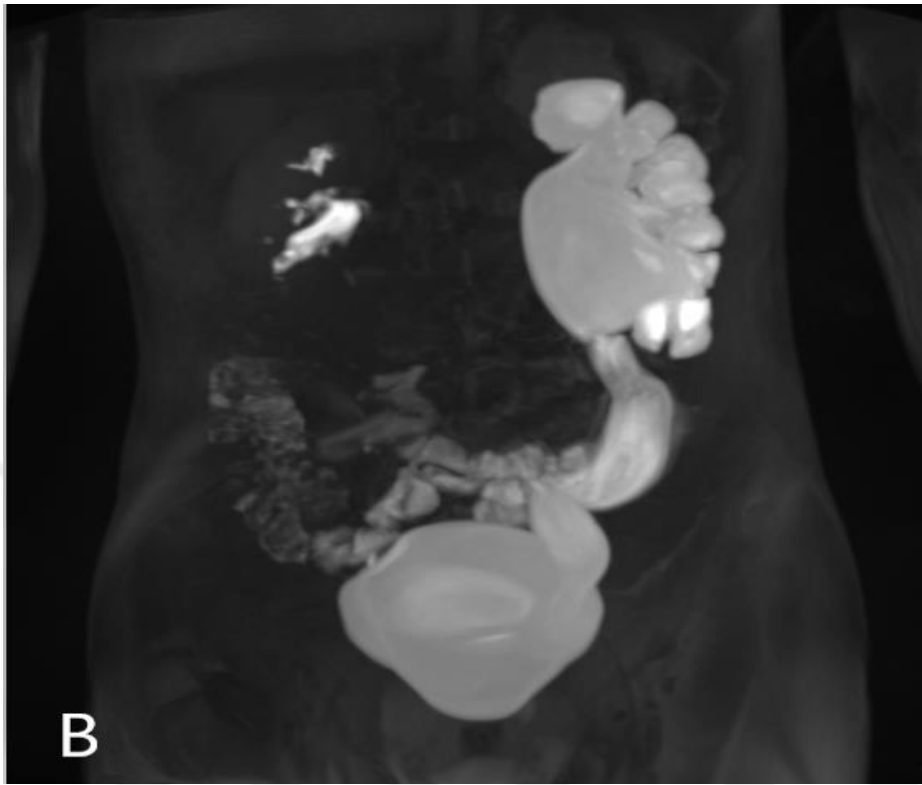


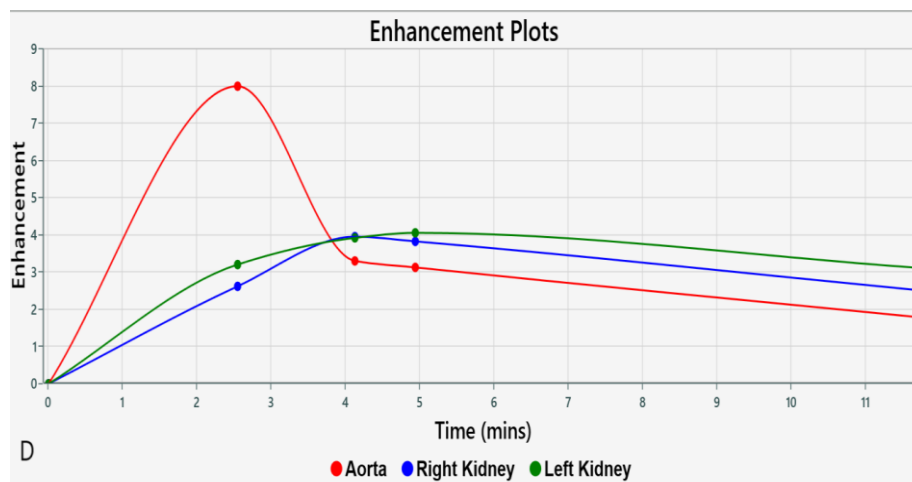


E	Right Kidney	Left Lower Pole	Left Upper Pole	Total Left
CTT [min, sec]	0m 49s	0m 49s	4m 53s	
RTT [min, sec]	4m 53s	4m 53s	10m 35s	
TTP [min, sec]	0m 49s	0m 49s	0m 49s	
Volume [mL]	10,88	5,83	4,50	10,33
vDRF [%]	51,30	27,49	21,21	48,70

Olgu 3 : Obstrüktif primer megaüreter tanılı 15 yaşında erkek hastanın fonksiyonel MR ürografi görüntülenmesi. A-B. Ağır sagittal ve koronal T2A görüntülemelerde üreterovezikal bileşke düzeyinin hemen proksimalinde aniden kesintiye uğrayan dilate tortuoz sol üreter izlenmektedir. C-E. CHOP fMRU yazılımı kullanılarak abdominal aorta, sağ(mavi) ve sol(yeşil) böbrek parenkiminin segmentasyonu sonrası MR ürografi datalarından otomatik fonksiyonel analizin elde edilmesi. D. Kontrastlanma eğrilerinin hesaplanması. E. CTT, RTT ve volumetrik split renal fonksiyonun hesaplanmasını göstermektedir.







E	Right Kidney	Left Kidney
CTT [min, sec]	1m 35s	2m 23s
RTT [min, sec]	2m 23s	9m 10s
TTP [min, sec]	1m 35s	2m 23s
Volume [mL]	133,81	76,46
vDRF [%]	63,64	36,36

5.TARTIŞMA

Pediyatrik yaş grubunda kronik üriner obstrüksiyona neden olan üriner sistem hastalıkları önemli bir morbidite nedenidir. Tedavi kararında üriner sistem anatomisine ve renal fonksiyonlara ihtiyaç duyulmaktadır. Renal fonksiyonların değerlendirmesinde altın standart yöntemler olan dinamik renal sintigrafi tetkiklerinin düşük anatomik detaydan dolayı morfolojik incelemeye katkısı sınırlıdır. MR ürografi tetkiki ise iyonize radyasyon kullanmadan tek bir testle üstün anatomik değerlendirme ve fonksiyonel incelemeye olanak sağlamaktadır (59).

Fonksiyonel eğrilerin ve çizimlerin hesaplanması da dahil olmak üzere çeşitli parametrenin kapsamlı fonksiyonel analizi bir dizi yazılım programı gerektirmektedir. İdeal MR ürografi fonksiyonel analiz yazılımının basit, kullanıcı dostu, hızlı olması ve radyolog veya MR teknisyeni tarafından kolayca kullanılıp, ücretsiz olması gerekir. "Philadelphia Çocuk Hastanesi fonksiyonel MR ürografisi" anlamına gelen CHOP-fMRU isimli program yukarıda tariflenen şartları sağlamaktadır. Her böbrek için fonksiyon ile ilgili 11 parametre hesaplanarak tablo halinde sunulmaktadır (4). Çalışmamızda yazılım üzerinden kontrastlanan böbrek parankim volümüne dayalı sağ ve sol böbreklerin böbrek fonksiyonunun %100' ünü oluşturduğu varsayımıyla yüzdelere dönüştürülerek hesaplanan volümetrik split ya da diferansiye renal fonksiyonlar elde edilerek günümüzde böbrek fonksiyonu için referans kabul edilen MAG3 sintigrafi sonuçları ile kıyaslanmıştır. Sağ ve sol böbrekler için MR ürografi tetkiklerinden elde ettiğimiz volümetrik split renal fonksiyonlar ile MAG3 sintigrafi sonuçları istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı pozitif korelasyon göstermekteydi ($r:0,93$, $p=0,001$).

Rohrschneider ve ark. dinamik T1A sekanslarda böbrek parenkimi üzerinden zaman-sinyal intensite eğrileri elde etmiş olup elde edilen renogramların tipik olarak üç segmentten oluştuğunu göstermişlerdir (6). İlk olarak perfüzyonu yansıtan dik artış, daha sonra böbrek fonksiyonunu yansıtan pik kontrastlanmaya dek kademeli artış ve en son olarak kontrast madde eliminasyonunu yansıtan hızlı düşüştür. Böbrek fonksiyonunu gösteren ikinci segmentte altta kalan alan yöntemi ile parenkimal renogramlar üzerinden elde ettikleri volümetrik split renal fonksiyonlar ile dinamik böbrek sintigrafisi ile elde edilen split renal fonksiyonlar yüksek korelasyon göstermekteydi ($r:0.92$, $p<0.001$).

Yine Grattan-Smith ve ark. çalışmasında benzer yöntemle hesaplanan split renal fonksiyon sonuçları dinamik renal sintigrafi sonuçları ile çok güçlü korelasyon göstermekteydi ($r:0.98$) (60).

Boss ve ark. split renal fonksiyonu, kontrast bolusunun ilk geçişinden sonraki ilk 2 dakika içinde böbrek parankimindeki sinyal yoğunluğunun lineer artışının değerlendirilmesiyle belirlemişlerdir (61). Bu yöntem, tipik olarak, birim doku başına düşen böbrek fonksiyonunun bir ölçüsü olarak ilk geçişten sinyal pikine kadar olan eğri altındaki integrali alan önceden bildirilen protokollerden farklıdır (6,60). Sinyal pikine yakın eğrinin doğrusal olmayan kısımlarının dahil edilmesinden dolayı, split fonksiyonun hatalı hesaplanabileceğini bildirmişlerdir. Glomerüler filtrasyon nedeniyle sinyalin doğrusal artışı ile filtre edilen kontrast atılımının başlamasını gösteren eğrilerin üst üste binmesi artan sinyal yoğunluğundaki nonlineariteye neden olmaktadır. Ayrıca azalmış fonksiyon gösteren böbreklerde, normal fonksiyon gösteren böbreklere kıyasla pik noktasına daha geç ulaşıldığını, bunun da yanlış split fonksiyon hesabına katkı sağladığını ifade etmişlerdir. İlk geçişten sonraki ilk 2 dakika içinde lineer artışı kullanan bu çalışmanın açıklanan tekniği, birim doku başına glomerüler filtrasyonun daha doğru bir ölçüsü gibi görünmektedir. Değerlendirilen tüm hastalarda, MAG3 sintigrafi sonuçları ile karşılaştırıldığında ileri derecede anlamlı pozitif korelasyon izlemişlerdir ($r:0.96$, $p<0.0001$).

Dazanovic ve ark. 58 hastadan oluşan çalışmalarında çalışmamıza benzer şekilde CHOP-fMRU yazılımı üzerinden hesaplanan volümetrik split renal fonksiyonlar, MAG3 sintigrafi datası ile yüksek korelasyon göstermekteydi (62).

Hadjidekov ve ark. “CHOP-fMRU” ve “Image J” isimli iki farklı yazılım ile fonksiyonel analizden elde edilen verileri birbiri ile ve ayrıca ^{99m}Tc -DTPA dinamik renal sintigrafi datasından gelen sonuçlarla kıyaslamıştır. CHOP-fMRU ve ImageJ ile elde edilen kaliseal ve renal transit süreleri, renal parenkimal volümler ve volümetrik split renal fonksiyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Yine CHOP-fMRU ve ImageJ ile değerlendirilen volümetrik split renal fonksiyon değerleri, ^{99m}Tc -DTPA çalışmasından elde edilen değerlerden istatistiksel olarak farklı değildi ($p>0.05$) (56).

Obstrüktif üropati, böbrekten mesaneye olan idrar akımının engellenmesini ifade eder (63). Pediatrik yaş grubunda üreteropelvik bileşke obstrüksiyonu, üreterovezikal bileşke obstrüksiyonu ve konjenital megaüreter gibi çeşitli hastalıklara bağlı kronik obstrüksiyonun bir sonucudur. Obstrüksiyon ve eşlik eden fonksiyonel bozukluğun saptanması böbrek fonksiyonunun korunması amacıyla erken etkin ve güvenli müdahalelerin yapılması açısından önem arz etmektedir (64). Günümüzde, obstrüksiyonun derecesini doğru bir şekilde değerlendiren veya hangi böbreklerin ilerleyici böbrek fonksiyon kaybı riski altında olduğunu belirleyen herhangi bir görüntüleme yöntemi yoktur. Whitaker testi obstrüksiyonu saptamak ve derecelendirmek için referans test olarak kabul edilir, ancak invaziv natürü nedeniyle nadiren kullanılmaktadır (65). Bu nedenle günümüzde standart teknik, DTPA veya MAG3 kullanılarak gerçekleştirilen dinamik böbrek sintigrafi yöntemleridir.

Jones ve ark. obstrüksiyonu tahmin etmede, MR ürografi tetkikinden elde edilen renal geçiş süresi (RTT) ile dinamik böbrek sintigrafisinden elde edilen radyonüklid yarılanma ömrünün ($T_{1/2}$) eş derecede etkin olduğu bildirmişlerdir (58). Renal geçiş süresini normal (≤ 245 sn), şüpheli ($> 245 \leq 490$ sn) veya obstrükte ($süre > 490$ sn) olarak sınıflandırmışlardır. Çalışmamızda 76 hastada sağ ve sol toplam 152 böbrek için yazılım üzerinden renal geçiş sürelerini hesaplayarak obstrüksiyonu göstermede aynı sınıflamayı kullandık. Elde ettiğimiz verileri sintigrafi incelemelerinde obstrüksiyonu gösteren 20 dk üzeri radyonüklid yarılanma ömrü ile kıyasladığımızda toplam 152 böbrekte 67 gerçek pozitif, 8 yalancı pozitif, 41 gerçek negatif ve 36 yalancı negatif olgu saptanmış olup sensitivite %65, spesifite %83, pozitif prediktif değer %90 ve negatif prediktif değer %53 olarak bulunmuştur. Çalışmamızdaki yalancı negatif olguların tamamı sınıflamaya göre şüpheli ($> 245 \leq 490$ sn) süre diliminde yer almaktadır. Rodigas ve ark. çalışmasında fonksiyonel MR ürografinin üriner sistem obstrüksiyonlarını atlamadığı belirtilmiş olup elde ettikleri RTT değerleri ile $T_{1/2}$ arasındaki uyumun sonucu olarak sensitivite değerini %100, spesifite değerini %81.6 olarak elde etmişlerdir (66).

Statik ve dinamik MR ürografi pediatrik hastalarda nefropatinin değerlendirilmesi için önemli bir modalitedir. Üriner sistem morfolojisi ve fonksiyonel sonuçlar hakkında tek çekimle bilgi sağlayabilen seçkin bir görüntüleme yöntemidir. Son derece karmaşık malformasyonların radyasyon maruziyeti olmadan değerlendirilmesini sağlar. Fonksiyonel MR Ürografi incelemesinin tariflediğimiz avantajlarına rağmen çeşitli dezavantajları ve limitasyonlarını belirtmek önem arz etmektedir. Kooperasyonun olmadığı özellikle 6 yaştan küçük hastalarda sedasyon gerektirmektedir. Çekim protokollerinin uzun olması ve öncesinde hasta hazırlığı

gerektiğinden toplam muayene süresi oldukça uzundur. Ayrıca tam değerlendirme için rutin olarak IV kontrast madde (gadolinium) gereklidir. Gadolinium bazlı kontrast maddelerin böbrek yetmezliği olan hastalarda nefrojenik sistemik fibrozis (NSF) gelişiminde rol oynadığı bilinmektedir. Bu nedenle ciddi böbrek hasarı riski altındaki hastaların dikkatli bir şekilde taranması, potansiyel olarak nefrojenik sistemik fibrozisi önlemeye yönelik önemli bir adımdır. Rutin böbrek fonksiyon testi genellikle serum kreatinin ölçümü ve hasta demografik bilgileri temelinde glomeruler filtrasyon hızının hesaplanması yoluyla yapılır. Glomeruler filtrasyon hızı 30-59 mL/dk/1.73 m² olan ve gadolinium bazlı kontrast madde uygulaması kaçınılmaz olan hastalarda, makrosiklik ajanların mümkün olan en küçük dozda kullanılması önerilir (54). Glomeruler filtrasyon hızı 30 mL/dk/1.73 m²'nin altında olan hastalarda, düşük doz ve kontrastsız tekniklerin kullanımı şiddetle düşünülmelidir (67). Ayrıca kaçınılmaz olarak gadolinium içeren kontrast madde kullanılan durumlarda hemodializ hastalık riskini azaltabilir.

Çalışmamızın diğer limitasyonlarına bakacak olursak, MR ürografi çekimleri esnasında mesane kataterizasyonu gerçekleştirilmemiştir. Dinamik inceleme öncesi tuvalet eğitimi olan çocuklar tuvalete gönderilmekle birlikte dolu mesane idrar akımını inhibe edebilir (68). Toplayıcı sistem dilatasyonunda artışa neden olabilir. Fonksiyonel değerlendirmede yanlış patolojik sonuçlara neden olabilmekle birlikte split renal fonksiyon kıyaslaması literatürle uyumludur ve üriner obstüksiyon değerlendirmesinde yanlış pozitiflik oranı literatürden fazla saptanmamıştır. Ancak üriner ekskresyon değerlendirmesinde mesane kataterizasyonu doğruluğu artırmaktadır.

MR ürografi ve dinamik renal sintigrafi incelemeleri tek radyolog ve tek nükleer tıp uzmanı tarafından tek okuma ile değerlendirilmiş olup gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum değerlendirmesi yapılamamıştır.

6.SONUÇ

MR ürografi tetkiki radyasyon maruziyetinin bulunmaması yanında mükemmel uzaysal ve kontrast çözünürlüğü sayesinde üriner sistem hastalıklarının morfolojik değerlendirilmesinde üstün bir görüntüleme yöntemidir. Statik incelemeye ek olarak gadolinium bazlı kontrast madde sonrası elde olunan dinamik incelemeler vasıtasıyla kaliseal ve renal geçiş süresi, split renal fonksiyonlar gibi fonksiyonel parametreler hesaplanabilmektedir. Parenkimal renogramlar üzerinden hesaplanabilen yukarıda tariflenen fonksiyonel parametrelerin değerlendirilmesi önceden daha uzun süreler gerektirirken, günümüzde CHOP-fMRU gibi yazılımlar üzerinden görüntüleme sonrasında daha kısa sürelerde tamamlanabilmektedir.

MR ürografi incelemesi detaylı anatomik bilgi sağlaması ve dinamik kontrastlı inceleme imkânı ile altın standart olarak MAG 3 böbrek sintigrafisi ile paralellik gösteren sonuçları sayesinde split renal fonksiyon değerlendirmede umut vaat etmektedir. Fonksiyonel MR ürografinin artan klinik rolüne rağmen, hidronefroz olgularında tedavinin yönlendirilmesinde etkili olan split renal fonksiyonların hesaplanması ve obstrüksiyonun derecelendirmesinde dinamik renal sintigrafi tetkikleri altın standart yöntem olarak kullanılmaya devam edecektir. İki tekniğin karşılaştırıldığı ve fonksiyonel MR ürografinin eş derece etkin olduğu az sayıda literatür verisi bulunmaktadır. Bu sebeple bulguların doğrulanması için daha büyük ölçekli ve daha derin araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

7.KAYNAKLAR

1. Yosypiv, Ihor V. "Congenital anomalies of the kidney and urinary tract: a genetic disorder?" *International journal of nephrology* vol. 2012 (2012): 909083. doi:10.1155/2012/909083
2. McLean RH, Gearhart JP, Jeffs R. Neonatal obstructive uropathy. *Pediatr Nephrol.* 1988 Jan;2(1):48-55. doi: 10.1007/BF00870380. PMID: 3153001.
3. Mendichovszky I, Solar BT, Smeulders N, Easty M, Biassoni L. Nuclear Medicine in Pediatric Nephro-Urology: An Overview. *Semin Nucl Med.* 2017 May;47(3):204-228. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2016.12.002. Epub 2017 Mar 6. PMID: 28417852.
4. Khrichenko D, Darge K. Functional analysis in MR urography - made simple. *Pediatr Radiol.* 2010 Feb;40(2):182-99. doi: 10.1007/s00247-009-1458-4. Epub 2009 Dec 12. PMID: 20012602.
5. Grattan-Smith JD, Little SB, Jones RA. MR urography in children: how we do it. *Pediatr Radiol.* 2008 Jan;38 Suppl 1:S3-17. doi: 10.1007/s00247-007-0618-7. Epub 2007 Dec 11. PMID: 18071691.
6. Rohrschneider WK, Haufe S, Wiesel M, Tönshoff B, Wunsch R, Darge K, Clorius JH, Tröger J. Functional and morphologic evaluation of congenital urinary tract dilatation by using combined static-dynamic MR urography: findings in kidneys with a single collecting system. *Radiology.* 2002 Sep;224(3):683-94. doi: 10.1148/radiol.2243011207. PMID: 12202700.
7. Rehman S, Ahmed D. Embryology, Kidney, Bladder, and Ureter. [Updated 2021 Aug 11]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK547747/>
8. Sadler, T. W. *Langman's Medical Embryology*. Fourteenth edition. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2019. Print.
9. Dunnick NR, Sandler CM, Newhouse JH, Amis ES. Textbook of Uroradiology. 3rd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2001
10. 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.

11. Sajithlal G, Zou D, Silvius D, Xu PX. Eya 1 acts as a critical regulator for specifying the metanephric mesenchyme. *Dev Biol*. 2005 Aug 15;284(2):323-36
12. Nagata M. Glomerulogenesis and the role of endothelium. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. 2018 May;27(3):159-164
13. Erdemir A, Kahramaner Z, Arik B, Bilgili G, Tekin M, Genc Y. Reference ranges of kidney dimensions in term newborns: sonographic measurements. *Pediatr Radiol*. 2014 Nov;44(11):1388-92. doi: 10.1007/s00247-014-3007-z. Epub 2014 Jun 6. PMID: 24903658.
14. Rosenbaum DM, Korngold E, Teele RL. Sonographic assessment of renal length in normal children. *AJR Am J Roentgenol*. 1984 Mar;142(3):467-9. doi: 10.2214/ajr.142.3.467. PMID: 6607625.
15. Park JM, Bloom DA. The pathophysiology of UPJ obstruction. Current concepts. *Urol Clin North Am*. 1998 May;25(2):161-9. doi: 10.1016/s0094-0143(05)70004-5. PMID: 9633571.
16. Westland R, Schreuder MF, Ket JC, van Wijk JA. Unilateral renal agenesis: a systematic review on associated anomalies and renal injury. *Nephrol Dial Transplant*. 2013 Jul;28(7):1844-55. doi: 10.1093/ndt/gft012. Epub 2013 Feb 28. PMID: 23449343.
17. Cain JE, Di Giovanni V, Smeeton J, Rosenblum ND. Genetics of renal hypoplasia: insights into the mechanisms controlling nephron endowment. *Pediatr Res*. 2010 Aug;68(2):91-8. doi: 10.1203/PDR.0b013e3181e35a88. PMID: 20421843.
18. Katabathina VS, Kota G, Dasyam AK, Shanbhogue AK, Prasad SR. Adult renal cystic disease: a genetic, biological, and developmental primer. *Radiographics*. 2010 Oct;30(6):1509-23. doi: 10.1148/rg.306105513. PMID: 21071372.
19. Glodny B, Petersen J, Hofmann KJ, Schenk C, Herwig R, Trieb T, Koppelstaetter C, Steingruber I, Rehder P. Kidney fusion anomalies revisited: clinical and radiological analysis of 209 cases of crossed fused ectopia and horseshoe kidney. *BJU Int*. 2009 Jan;103(2):224-35. doi: 10.1111/j.1464-410X.2008.07912.x. Epub 2008 Aug 14. PMID: 18710445.
20. Lam JS, Breda A, Schulam PG. Ureteropelvic junction obstruction. *J Urol*. 2007 May;177(5):1652-8. doi: 10.1016/j.juro.2007.01.056. PMID: 17437778.
21. Koff SA. Pathophysiology of ureteropelvic junction obstruction. Clinical and experimental observations. *Urol Clin North Am*. 1990 May;17(2):263-72. PMID: 2336743.

22. Alcaraz A, Vinaixa F, Tejedo-Mateu A, Forés MM, Gotzens V, Mestres CA, Oliveira J, Carretero P. Obstruction and recanalization of the ureter during embryonic development. *J Urol*. 1991 Feb;145(2):410-6. doi: 10.1016/s0022-5347(17)38354-4. PMID: 1988740.
23. Khaira HS, Platt JF, Cohan RH, Wolf JS, Faerber GJ. Helical computed tomography for identification of crossing vessels in ureteropelvic junction obstruction-comparison with operative findings. *Urology*. 2003 Jul;62(1):35-9. doi: 10.1016/s0090-4295(03)00156-0. PMID: 12837418.
24. Gimpel C, Masioni L, Djakovic N, Schenk JP, Haberkorn U, Tönshoff B, Schaefer F. Complications and long-term outcome of primary obstructive megaureter in childhood. *Pediatr Nephrol*. 2010 Sep;25(9):1679-86. doi: 10.1007/s00467-010-1523-0. Epub 2010 Apr 28. PMID: 20424865.
25. Ichikawa I, Kuwayama F, Pope JC 4th, Stephens FD, Miyazaki Y. Paradigm shift from classic anatomic theories to contemporary cell biological views of CAKUT. *Kidney Int*. 2002 Mar;61(3):889-98. doi: 10.1046/j.1523-1755.2002.00188.x. PMID: 11849443.
26. Mizuno K, Kamisawa H, Hamamoto S, Okamura T, Kohri K. Bilateral single-system ureterocele with multiple calculi in an adult woman. *Urology*. 2008 Aug;72(2):294-5. doi: 10.1016/j.urology.2008.03.058. Epub 2008 Jun 4. PMID: 18533235.
27. Gross GW, Lebowitz RL. Infection does not cause reflux. *AJR Am J Roentgenol*. 1981 Nov;137(5):929-32. doi: 10.2214/ajr.137.5.929. PMID: 6975016.
28. Lim R. Vesicoureteral reflux and urinary tract infection: evolving practices and current controversies in pediatric imaging. *AJR Am J Roentgenol*. 2009 May;192(5):1197-208. doi: 10.2214/AJR.08.2187. PMID: 19380542.
29. Jennings RW. Prune belly syndrome. *Semin Pediatr Surg*. 2000 Aug;9(3):115-20. doi: 10.1053/spsu.2000.7556. PMID: 10949420.
30. Aaronson IA, Cremin BJ. Prune belly syndrome in young females. *Urol Radiol*. 1979-1980;1(3):151-5. doi: 10.1007/BF02926619. PMID: 162311.
31. Chatterjee SK, Banerjee S, Basak D, Basu AK, Chakravarti AK, Chatterjee US, Haque J. Posterior urethral valves: the scenario in a developing center. *Pediatr Surg Int*. 2001;17(1):2-7. doi: 10.1007/s003830000495. PMID: 11294260.
32. Mutgi A, Williams JW, Nettleman M. Renal colic. Utility of the plain abdominal roentgenogram. *Arch Intern Med*. 1991 Aug;151(8):1589-92. doi: 10.1001/archinte.151.8.1589. PMID: 1908216.

33. Jindal G, Ramchandani P. Acute flank pain secondary to urolithiasis: radiologic evaluation and alternate diagnoses. *Radiol Clin North Am.* 2007 May;45(3):395-410, vii. doi: 10.1016/j.rcl.2007.04.001. PMID: 17601499.
34. Riccabona M, Avni FE, Dacher JN, Damasio MB, Darge K, Lobo ML, Ording-Müller LS, Papadopoulou F, Willi U; ESPR uroradiology task force and ESUR paediatric working group. ESPR uroradiology task force and ESUR paediatric working group: imaging and procedural recommendations in paediatric uroradiology, part III. Minutes of the ESPR uroradiology task force minisymposium on intravenous urography, uro-CT and MR-urography in childhood. *Pediatr Radiol.* 2010 Jul;40(7):1315-20. doi: 10.1007/s00247-010-1686-7. Epub 2010 May 22. Erratum in: *Pediatr Radiol.* 2011 May;41(5):678. Papadopolou, Frederika [corrected to Papadopoulou, Frederika]. PMID: 20495795.
35. Dyer RB, Chen MY, Zagoria RJ. Intravenous urography: technique and interpretation. *Radiographics.* 2001 Jul-Aug;21(4):799-821; discussion 822-4. doi: 10.1148/radiographics.21.4.g01jl26799. PMID: 11452054.
36. Smith RC, Rosenfield AT, Choe KA, Essenmacher KR, Verga M, Glickman MG, Lange RC. Acute flank pain: comparison of non-contrast-enhanced CT and intravenous urography. *Radiology.* 1995 Mar;194(3):789-94. doi: 10.1148/radiology.194.3.7862980. PMID: 7862980.
37. Seldin and Giebisch's The Kidney (Fourth Edition) Physiology and Pathophysiology, Volume 2 2008, Pages 2247-2282
38. Mussurakis S, Sprigg A, Steiner GM. The appropriateness of use and the clinical impact of micturating cystourethrography in paediatric practice. *Clin Radiol.* 1994 Aug;49(8):541-5. doi: 10.1016/s0009-9260(05)82933-2. PMID: 7955866.
39. Frimberger D, Mercado-Deane MG; SECTION ON UROLOGY; SECTION ON RADIOLOGY. Establishing a Standard Protocol for the Voiding Cystourethrography. *Pediatrics.* 2016 Nov;138(5):e20162590. doi: 10.1542/peds.2016-2590. PMID: 27940792.
40. Paliwalla M, Park K. A practical guide to urinary tract ultrasound in a child: Pearls and pitfalls. *Ultrasound.* 2014 Nov;22(4):213-22. doi: 10.1177/1742271X14549795. Epub 2014 Nov 10. PMID: 27433222; PMCID: PMC4760558.
41. Blyth B, Snyder HM, Duckett JW. Antenatal diagnosis and subsequent management of hydronephrosis. *J Urol.* 1993 Apr;149(4):693-8. doi: 10.1016/s0022-5347(17)36185-2. PMID: 8455225.

42. Darge K, Higgins M, Hwang TJ, Delgado J, Shukla A, Bellah R. Magnetic resonance and computed tomography in pediatric urology: an imaging overview for current and future daily practice. *Radiol Clin North Am.* 2013 Jul;51(4):583-98. doi: 10.1016/j.rcl.2013.03.004. PMID: 23830787.
43. Maudgil DD, McHugh K. The role of computed tomography in modern paediatric uroradiology. *Eur J Radiol.* 2002 Aug;43(2):129-38. doi: 10.1016/s0720-048x(02)00115-8. PMID: 12127210.
44. Piepsz A. Radionuclide studies in paediatric nephro-urology. *Eur J Radiol.* 2002 Aug;43(2):146-53. doi: 10.1016/s0720-048x(02)00111-0. PMID: 12127212.
45. Piepsz A, Arnello F, Tondeur M, Ham HR. Diuretic renography in children. *J Nucl Med.* 1998 Nov;39(11):2015-6. PMID: 9829601.
46. Shulkin BL, Mandell GA, Cooper JA, Leonard JC, Majd M, Parisi MT, Sfakianakis GN, Balon HR, Donohoe KJ. Procedure guideline for diuretic renography in children 3.0. *J Nucl Med Technol.* 2008 Sep;36(3):162-8. doi: 10.2967/jnmt.108.056622. PMID: 18765635.
47. Taylor J, Summers PE, Keevil SF, Saks AM, Diskin J, Hilton PJ, Ayers AB. Magnetic resonance renography: optimisation of pulse sequence parameters and Gd-DTPA dose, and comparison with radionuclide renography. *Magn Reson Imaging.* 1997;15(6):637-49. doi: 10.1016/s0730-725x(97)00034-9. PMID: 9285803.
48. Morin CE, McBee MP, Trout AT, Reddy PP, Dillman JR. Use of MR Urography in Pediatric Patients. *Curr Urol Rep.* 2018 Sep 11;19(11):93. doi: 10.1007/s11934-018-0843-7. PMID: 30206713; PMCID: PMC6132788.
49. O'Malley ME, Soto JA, Yucel EK, Hussain S. MR urography: evaluation of a three-dimensional fast spin-echo technique in patients with hydronephrosis. *AJR Am J Roentgenol.* 1997 Feb;168(2):387-92. doi: 10.2214/ajr.168.2.9016213. PMID: 9016213.
50. Roy C, Saussine C, Guth S, Horviller S, Tuchmann C, Vasilescu C, Le Bras Y, Jacqmin D. MR urography in the evaluation of urinary tract obstruction. *Abdom Imaging.* 1998 Jan-Feb;23(1):27-34. doi: 10.1007/s002619900279. PMID: 9437058.
51. Rothpearl A, Frager D, Subramanian A, Bashist B, Baer J, Kay C, Cooke K, Raia C. MR urography: technique and application. *Radiology.* 1995 Jan;194(1):125-30. doi: 10.1148/radiology.194.1.7997538. PMID: 7997538.

52. Dickerson EC, Dillman JR, Smith EA, DiPietro MA, Lebowitz RL, Darge K. Pediatric MR Urography: Indications, Techniques, and Approach to Review. *Radiographics*. 2015 Jul-Aug;35(4):1208-30. doi: 10.1148/rg.2015140223. PMID: 26172361.
53. Nolte-Ernsting CC, Tacke J, Adam GB, Haage P, Jung P, Jakse G, Günther RW. Diuretic-enhanced gadolinium excretory MR urography: comparison of conventional gradient-echo sequences and echo-planar imaging. *Eur Radiol*. 2001;11(1):18-27. doi: 10.1007/s0033000000634. PMID: 11194911.
54. Kuo PH, Kanal E, Abu-Alfa AK, Cowper SE. Gadolinium-based MR contrast agents and nephrogenic systemic fibrosis. *Radiology*. 2007 Mar;242(3):647-9. doi: 10.1148/radiol.2423061640. Epub 2007 Jan 9. PMID: 17213364.
55. Ergen FB, Hussain HK, Carlos RC, Johnson TD, Adusumilli S, Weadock WJ, Korobkin M, Francis IR. 3D excretory MR urography: improved image quality with intravenous saline and diuretic administration. *J Magn Reson Imaging*. 2007 Apr;25(4):783-9. doi: 10.1002/jmri.20875. PMID: 17335024.
56. Hadjidekov G, Hadjidekova S, Tonchev Z, Bakalova R, Aoki I. Assessing renal function in children with hydronephrosis - additional feature of MR urography. *Radiol Oncol*. 2011 Dec;45(4):248-58. doi: 10.2478/v10019-011-0038-z. Epub 2011 Nov 16. PMID: 22933962; PMCID: PMC3423747.
57. Grattan-Smith JD, Little SB, Jones RA. MR urography evaluation of obstructive uropathy. *Pediatr Radiol*. 2008 Jan;38 Suppl 1:S49-69. doi: 10.1007/s00247-007-0667-y. Epub 2007 Dec 11. PMID: 18071689.
58. Jones RA, Perez-Brayfield MR, Kirsch AJ, Grattan-Smith JD. Renal transit time with MR urography in children. *Radiology*. 2004 Oct;233(1):41-50. doi: 10.1148/radiol.2331031117. Epub 2004 Aug 18. PMID: 15317951.
59. Grattan-Smith JD, Jones RA. Magnetic resonance urography in children. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2008 Aug;16(3):515-31, vi. doi: 10.1016/j.mric.2008.04.002. PMID: 18585602.
60. Grattan-Smith JD, Perez-Bayfield MR, Jones RA, Little S, Broecker B, Smith EA, Scherz HC, Kirsch AJ. MR imaging of kidneys: functional evaluation using F-15 perfusion imaging. *Pediatr Radiol*. 2003 May;33(5):293-304. doi: 10.1007/s00247-003-0896-7. Epub 2003 Mar 13. PMID: 12695861.
61. Boss A, Schaefer JF, Martirosian P et al (2006) Contrast-enhanced dynamic MR nephrography using the TurboFLASH navigator gating technique in children. *Eur Radiol* 16:1509–1518

62. Džananović, A., Begić, A., & Pokrajac, D. (2019). Evaluation of Congenital Hydronephrosis with Static and Dynamic Magnetic Resonance Urography in Comparison to Dynamic Renal Scintigraphy. *Acta Informatica Medica*, 27(3), 181.
63. O'Reilly PH. Obstructive uropathy. *Q J Nucl Med*. 2002 Dec;46(4):295-303. PMID: 12411869.
64. Jones RA, Easley K, Little SB, Scherz H, Kirsch AJ, Grattan-Smith JD. Dynamic contrast-enhanced MR urography in the evaluation of pediatric hydronephrosis: Part 1, functional assessment. *AJR Am J Roentgenol*. 2005 Dec;185(6):1598-607. doi: 10.2214/AJR.04.1540. PMID: 16304021.
65. Wåhlin N, Magnusson A, Persson AE, Läckgren G, Stenberg A. Pressure flow measurement of hydronephrosis in children: a new approach to definition and quantification of obstruction. *J Urol*. 2001 Nov;166(5):1842-7. doi: 10.1016/s0022-5347(05)65702-3. PMID: 11586244.
66. Rodigas J, Kirsch H, John U, Seifert P, Winkens T, Stenzel M, Mentzel HJ. Static and Functional MR Urography to Assess Congenital Anomalies of the Kidney and Urinary Tract in Infants and Children: Comparison With MAG3 Renal Scintigraphy and Sonography. *AJR Am J Roentgenol*. 2018 Jul;211(1):193-203. doi: 10.2214/AJR.17.17891. Epub 2018 Apr 27. PMID: 29702016.
67. Kaewlai R, Abujudeh H. Nephrogenic systemic fibrosis. *AJR Am J Roentgenol*. 2012 Jul;199(1):W17-23. doi: 10.2214/AJR.11.8144. PMID: 22733927.
68. Rohrschneider WK, Hoffend J, Becker K, Clorius JH, Darge K, Kooijman H, Tröger J. Combined static-dynamic MR urography for the simultaneous evaluation of morphology and function in urinary tract obstruction. I. Evaluation of the normal status in an animal model. *Pediatr Radiol*. 2000 Aug;30(8):511-22. doi: 10.1007/s002470000270. PMID: 10993535.