

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



**Endoskopik Kombine İntrarenal Cerrahi Esnasında
İntrapelvik Basıncın Sürekli ve Gerçek Zamanlı Ölçümü**

(Uzmanlık Tezi)

Dr. Ahmet Barış AYDIN

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Tzevat TEFİK

İSTANBUL

2024

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



Endoskopik Kombine İntrarenal Cerrahi Esnasında İntrapelvik Basıncın Sürekli ve Gerçek Zamanlı Ölçümü

(Uzmanlık Tezi)

Dr. Ahmet Barış AYDIN

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Tzevat TEFİK

İSTANBUL

2024

ÖNSÖZ

Lise son sınıf öğrencisiyken ilk defa ziyaret amaçlı gelip de kapısından girdiğim İstanbul Tıp Fakültesi'nde önce tıp, sonra da tıpta uzmanlık öğrencisi olarak geçirdiğim 13 yılın ardından “uzman doktor olmak” için aslında daha heyecanlı olacağımı beklerdim. Ancak heyecan yerine baskın olan burukluğun sebebinin, bu geçişin benim için bir “yükselme” değil aslında bir “ayrılık” anlamına geldiğini fark ettim. Böyle hissetmemi sağlayan tüm saygıdeğer hocalarıma;

Asistanlığa başlayınca 5. sınıfta sözlü sınava girdiğimdeki bizlere karşı olan babacan tavrının aslında bizi gerçekten kendi çocuğu olarak gördüğü için olduğunu anladığım, yetiştirdiği kim bilir kaçınıcı öğrencisi olsam da hala büyük bir keyifle gösterdiği cerrahinin inceliklerini hiçbir kitabın yazamadığı, bilimsel ve mesleki anlamda bana kattıklarının karşılığını asla ödeyemeyeceğim, Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Faruk Özcan'a,

Bir profesörün, ameliyathanede daha elleri titreyen birkaç aylık bir asistanı karşısına alıp da en iyisini öğretebilmek için her şeyi tek tek sabırla gösterdiğini anlattığımda kimsenin inanmadığı, geçen yıllar boyunca aynı yaklaşımla bana bir yandan da “daha iyi biri” olmayı öğreten Prof. Dr. İsmet Nane'ye,

Yurt dışında çalışma şansı yakaladığım kısa bir dönemde tüm asistanların kaçtığı, Avrupalı asistanların bile “Ben bilmiyorum, yapamam.” dediği fonksiyonel üroloji polikliniğine göğsümü gere gere gönüllü olmamı sağlayan, en küçük soruma bile bıkmadan cevap veren ve engin bilgisiyle beni halen aydınlatmaya devam eden Prof. Dr. Taner Koçak'a,

Hastayı bir bütün olarak değerlendirmeyi kendisinden öğrendiğim, eşsiz cerrahi stilini umutsuzca taklit etmeye çalışsam ve asla kendisi gibi olamayacağımı bilsem de “Nasıl bir cerrah olunmalı?” ve “Nasıl bir insan olunmalı?” diye sorsalar, bir saniye bile düşünmeden verecek bir cevabım olmasının nedeni olan Cerrahi Bilimler Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Orhan Ziylan'a,

Bana kattıklarını buraya yazmaya çalışırsam önsöz, tezin kendisinden daha uzun olacağı için o kısma değinmeyeceğim; yaptıklarından hiçbir zaman memnun olmayan çünkü her zaman daha iyisini isteyip kızdığında bile “Çünkü bundan daha iyi olduğunu biliyorum.” diyerek motive eden, kardeşi olmayan benim de bir “ağabeyim” olduğunu hissettiren Prof. Dr. Öner Şanlı'ya,

Yaptığı ameliyatları hala hayranlıkla izlediğim, tekniği ve titizliği benim için standartları belirleyen, bilimselliğiyle ürolojide ufkumu açan, tez konum belli olduktan sonra

bana “her basınç artışının her hastada aynı olmadığı” nosyonunu kazandırıp bugün bir sonuç paragrafı yazabildiysem yol göstericiliği sayesinde olan Prof. Dr. Tayfun Oktar’a,

İlk asistanlığa başladığım günlerden bu yana tüm dertlerimize çözüm bulan ve ürolojideki ilk bilimsel aktivitelerimden bu yana yanımda olan Doç. Dr. Selçuk Erdem’e,

Oturup sabırla bana bir makaleyi sıfırdan yazmayı öğreten, okuyunca vereceği tepkiyi bildiğim için hep yaptığı gibi bunları yazarken bile gülümsememe sebep olan ve telefon rehberimde kendisine ait zil sesi olan tek kişi olduğu için Doç. Dr. İrfan Dönmez’e,

Mesleki gelişimime katkılarından dolayı Prof. Dr. Ateş Kadioğlu, Doç. Dr. Mazhar Ortaç, Doç. Dr. Şenol Tonyalı ve Doç. Dr. Murat Dursun’a,

Tezimin temelini oluşturan üreter fiziolojisini ilk defa kendisinden dinlediğim, birlikte çok az bir süre çalışabildiğim ancak bunun için bile kendimi çok şanslı hissettiğim Prof. Dr. Haluk Ander’e,

Yakın zamanda aramızdan ayrılan ancak eski makaleleri bile bugün tez konumda bana referans oluşturan Prof. Dr. Mustafa Akıncı’ya,

Asistanları olarak çalışma ayrıcalığına sahip olduğum için kendimi çok şanslı hissettiğim, tezim içerisinde bahsettiğim alternatif cihazlara erişimimi mümkün kılan, endoüroloji konusunda deneyimimi arttırmamı sağlayan Prof. Dr. Olivier Traxer ve bunlarla birlikte nöbet tuttuğumuz gecelerde ameliyathanede bana gösterdiği sabrı için de Prof. Dr. Steeve Doizi’ye,

Son olarak hangi uçuk fikirle gitsem sabırla dinlemenin dışında bunları yapabilmem için de için önümü açan, kendi izinde ilk akademik yurt dışı deneyimimi gerçekleştirmemi mümkün kılan, kendisine gelen bir yenilikle ilgili fikrimi soracak kadar alçak gönüllü olup aslında endoürolojide dünya standartlarının üzerinde olan, hepsinin haricinde ise dünyanın en sabırlı ve kibar insanı olan, tüm bu yolu yürürken önümdeki engelleri bir bir süpüren tez danışmanım Prof. Dr. Tzevat Tefik’e çok teşekkür ederim.

Tezimin en başından beri bana destek olan, basınç hatlarının kurulumunu kendisinden öğrendiğim ve benim kadar bu çalışmayı sahiplenen Muammer Öztürk’e özellikle teşekkür ederim.

Veri toplamak için gereken video kayıt cihazlarını temin ettikten sonra zorunda olmasalar bile bir defa dahi beni kırmayıp sabırla tüm sorunlarıma bir çözüm bulan Bilgin Dursun ile OktoStore’a, verilerin işlenmesi esnasında işin büyük bir kısmını omuzlayan Dr. Sude Yazar’a ve veri girişini kolaylaştıran Python’daki prototip yazılımın kodlamasını yapan, yeri gelince tek tek elle işleyen Dr. İsmail Taha Gürlek ile tezimin istatistiksel analizi için tüm süreçte desteğini hiç eksik etmeyen Doç. Dr. Mehmet Güven Günver’e sonsuz teşekkür ederim.

İşlemler esnasında desteklerini esirgemeyen tüm endoskopi ekibine, anesteziye ait monitörleri kullanmama izin veren Prof. Dr. Emre Çamcı'ya, zorlu hasta yönetimini bana öğreten Doç. Dr. Meltem Karadeniz ve Uz. Dr. Ebru Demirel'e, ilk in vitro model denemesinden son hastaya kadar tüm ölçümlerde destek olan tüm anestezi asistanı doktor arkadaşlarıma ve ismini tek tek sayamadığım tüm İstanbul Tıp Fakültesi çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Birlikte çok şey yaşadığımız ve ailemden daha çok vakit geçirdiğim, her biri birbirinden mükemmel insanlar olan üroloji asistanı arkadaşlarıma hayatımda çok güzel bir iz bırakmış oldukları için çok teşekkür ederim.

İş hayatından kopamayıp onları aksatsam da tüm aileme;

İçimden gelerek anne-baba dediğim ve bana, benim kendime güvendiğimden daha çok güvendiklerini hissettiren ikinci anne-babam Adile Can ve Mehmet Halit Can'a ve kardeşim Enes Can'a çok teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren, 30 yıldır halen nazımı çeken, ellerinden gelenden her zaman daha iyisini yapmak içi çırpınan, benim için vazgeçtikleri şeyleri artık saymamın bile mümkün olmadığı, omzumdaki ellerini çektiklerini ise hiç hissetmediğim ve ne zaman düşsem ayağa kaldırmak için hep orada olan, canım annem Mehtap Aydın ve "fahri hocam" babam İhsan Aydın'a aslında kendi eserleri olan bu tezi armağan ediyorum.

Son olarak dünyanın en anlayışlı ve fedakar insanı, sırf rahat çalışabileyim, kendimi geliştirebileyim diye tüm zorluklara tek başına katlanan, bir gün bile "Of" demeyen, benim kariyerimi kendisinin önüne koyan, beni benden daha çok düşünen, hayatımda olduğu için her gün şükrettiğim ve kendisini hak edecek ne yaptığımı halen çözemediğim diğer yarım, sevgili eşim Uz. Dr. Aslı Begüm Can Aydın'a çok teşekkür ediyorum.

Dr. Ahmet Barış Aydın

Nisan 2024 - İstanbul

İÇİNDEKİLER TABLOSU

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER TABLOSU	IV
SİMGE VE KISALTMALAR.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
ETİK KURUL KARARI	IX
ÖZET.....	1
ABSTRACT	3
I. GİRİŞ VE AMAÇ.....	4
II. GENEL BİLGİLER.....	7
A. Üriner Sistem Taş Hastalığı	7
1. Tanım.....	7
2. Epidemiyoloji.....	7
B. Böbrek ve Toplayıcı Sistem Anatomisi.....	7
C. Retrograd İntrarenal Cerrahi.....	9
1. Tanım.....	9
2. Tarihçe.....	9
3. Endikasyonları.....	10
4. Kontrendikasyonları	10
D. İntrarenal Basınç (İRB).....	11
1. Tanım.....	11
2. Literatürde Basınç Ölçümü İçin Kullanılmış Yöntemler	11
a. Retrograd Yerleştirilen Transüreteral Kateter.....	11
b. Perkütan, Antegrad Yerleştirilen Kateter	12
c. Sensör İçeren Enstrümanların Direk Böbrek İçerisine Yerleştirilmesi.....	12

d.	Proksimal irrigasyonu basıncı ile İRB tahmini	14
3.	Normal ve Bildirilmiş Anormal Basınç Değerleri	14
4.	Toplayıcı Sistemde Akışkan Dinamikleri ve Basınç-Hacim İlişkileri	17
5.	Artmış İntrarenal Basıncın Klinik Sonuçları	19
a.	Pyelovenöz, Pyelosinüzal, Pyelolenfatik, Pyelorenal (Pyelotübüler ve Pyelointersitisyel) Reflü ve Septik Komplikasyonlar	19
b.	Toplayıcı Sistem Ruptürü ve Ekstravazasyon	21
c.	Histopatolojik Değişiklikler ve Fonksiyon Kaybı.....	21
III.	GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	23
A.	Hasta Popülasyonu ve Cerrahi Teknik ve İşlem Basamakları	23
B.	Ölçüm İçin Ekipmanlar ve Kurulumu	24
C.	Dolaylı Ölçüm İçin Kullanılan İrrigasyon Methodu.....	27
D.	Ölçüm Sonuçlarının İşlenmesi ve İstatistik	29
IV.	BULGULAR	32
V.	TARTIŞMA	41
VI.	SONUÇ.....	57
VII.	KAYNAKLAR.....	58
VIII.	EKLER.....	65
A.	Onam Formu Örneği	65
B.	Basınç Verilerine Ait Ayrıntılı Grafikler	68
1.	Tüm Basınç Ölçümlerine Ait Kümülatif Verileri Grafikleri	68
2.	Hasta Bazlı Basınç Grafikleri.....	69
IX.	ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ	78

SİMGE VE KISALTMALAR

Ch: Charrière (French). Kateter çaplarının belirtilmesinde kullanılan uluslararası ölçek

EAU: Avrupa Üroloji Derneği (European Association of Urology)

ECIRS: Endoscopic Combined Intrarenal Surgery (Endoskopik Kombine İntrarenal Cerrahi)

ESWL: Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (Ekstrakorporal Şok Dalga Litotripsisi)

FFR: Fractional Flow Reserve (Fraksiyone Akım Rezervi)

f-URS: Fleksibl (Bükülebilir) Üreterorenoskop/Üreterorenoskopi

Ho-YAG: Holmiyum-Yttrium Aluminium Garnet

IRB: Intrarenal Basınç (Renal Pelvis Basıncı)

SIRS: Systemic Inflammatory Response Syndrome (Sistemik İnflamatuar Yanıt Sendromu)

UPJ: Ureteropelvic Junction (Üreteropelvik Bileşke)

URS: Üreterorenoskop/Üreterorenoskopi

ÜEK: Üreteral Erişim Kılıfı (Ureteral Access Sheath – UAS)

ÜPB: Üreteropelvik Bileşke

ÜSTH: Üriner Sistem Taş Hastalığı

ÜÜST: Üst Üriner Sistem Tümörü

PBT: Puar Bırak Tekniği

PN: Perkütan Nefrostomi

PNL: Perkütan Nefrolitotripsisi

RIRC (RIRS): Retrograd İntrarenal Cerrahi (Retrograde Intrarenal Surgery)

TFL/ Thulium-YAG: Thulium Fiber Lazer / Thulium- Yttrium Aluminium Garnet Lazer

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil-1. Transdüserlerin sabitlemesi	24
Şekil-2. Transdüserlerin bağlantılarının yapıldığı noktalar	25
Şekil-3. Basınç transdüserlerinin bağlantıları ve konumları	26
Şekil-4. Basıncı (Puarlı) İrrigasyon/TUR seti.....	28
Şekil-5. Puarda bulunan valflerin transvers ve sagittal kesitleri	28
Şekil-6. Puar Bırak Tekniğinin valflerdeki çalışma prensibi	29
Şekil-7. Basınçları değerlendirildiği 3 kategori	31
Şekil-8. Sadece yerçekimi irrigasyonu ile serbest akış dönemlerinde (Kategori 1) ölçülen basınç değerleri	33
Şekil-9. Puar Bırak Tekniği Uygulandığı An ve Canlı Basınç Zaman Grafiğinin Görünümü	36
Şekil-10. Puar Bırak Tekniği Uygulanan Anlardaki Eş Zamanlı Ölçülen Basınç Değerleri ...	37
Şekil-11. Puar Bırak Tekniğinin uzun süreli basıların sonuna eklenerek kullanımı.....	38
Şekil-12. "Puar Bırak Tekniği" kullanılarak sık aralıklarla yapılan manüel irrigasyon esnasında hasta başı monitörünün görüntüsü	38
Şekil-13. #8 numaralı hastanın basınç ölçümlerine ait grafik.....	39
Şekil-14. PBT noktaları ile birlikte tüm ölçümler.....	40
Şekil-15. Maksimum distansiyonda yerçekimi irrigasyonu yapılırken İRB ve İrrigasyon basınç değerleri	44

TABLolar DİZİNİ

Tablo-1. İnsanda (in-vivo) İRB ölçümü yapılan çalışmalar ve bildirilmiş basınç değerleri ...	16
Tablo-2. Gönüllülerin demografik bilgileri	32
Tablo-3. Ölçümlere ait genel bilgiler ve perioperatif veriler.....	32
Tablo-4. Hastalarda kaydedilen en yüksek basınç değerleri (mmHg).....	34
Tablo-5. Hastalarda ölçülen maksimum basınç değerleri arasındaki korelasyon analizi.....	34
Tablo-6. Kategori 1(Serbest akışta - Pompa yapılmayan) dönemlerinin, iki farklı transdüserden ölçülen eş zamanlı basınç değerleri arasındaki korelasyon.....	35
Tablo-7. “Puar Bırak Tekniği” kullandığı dönemlerde Chiba iğnesi üzerinden ölçülen değerler birer saniye ileriye kaydırılarak, tekniğin kullanıldığı saniyedeki irrigasyon basıncı ile yapılan korelasyon analizi sonuçları	36

ETİK KURUL KARARI

Tarih ve Sayı: 27.01.2023-1599348



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
İstanbul Tıp Fakültesi Dekanlığı
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu



Sayı :E-29624016-050.99-1599348
Konu :Doç. Dr. Tzevat TEFİK hk.

Sayın Doç. Dr. Tzevat TEFİK
Üroloji Anabilim Dalı

İlgi : Üroloji Anabilim Dalının 19/01/2023 gün ve 1581806 sayılı yazısı

Sorumlu araştırmacılığını üstlendiğiniz ve Dr. Ahmet Barış AYDIN' ın yürüteceği 2023/109 dosya numaralı "Endoskopik Kombine Intrarenal Cerrahi Esnasında Intrapelvik Basıncın Sürekli ve Gerçek Zamanlı Ölçümü" başlıklı çalışma, kurulumuzun 20/01/2023 tarih ve 02 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş olup, tutanaklar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Ali Yağız ÜRESİN
Kurul Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSEV63YC7C Pin Kodu :52162

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/istanbul-universitesi-ebys>

İstanbul Tıp Fakültesi Dekanlığı Çapa/Fatih/İSTANBUL

Tel : 0 212 414 21 38/414 20 00-31561 Faks : 0 212 414 21 38 / 635 11 93

e-posta : itf-dekanlik@istanbul.edu.tr Elektronik Ağ : <http://istanbul.tip.istanbul.edu.tr>

Keş Adresi: istanbuluniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için : Cihan KILIÇ

Dahili : 31346



Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

ÖZET

Endoskopik Kombine İntrarenal Cerrahi Esnasında İntrapelvik Basıncın Sürekli ve Gerçek Zamanlı Ölçümü

Amaçlar

Girişim sonrası gelişen septik komplikasyonlardan sorumlu tutulan intrarenal basıncın, endoskopik kombine intrarenal cerrahi esnasında gerçek zamanlı ölçülmesi, irrigasyon basıncı ile böbrek içi basıncın ilişkisi ve harici basınç ölçerler ile böbrek içi basıncın ortaya konulup konulamayacağı araştırılması amaçlanmıştır.

Hastalar ve Yöntemler

Endoskopik kombine intrarenal cerrahi planlanan 19 hastada, bükülebilir üreterorenoskop (f-URS) ile yapılan litotripsi süresince basınç ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Perkütan yerleştirilen Chiba iğnesi üzerinden intrarenal basınç ve f-URS üzerinden ölçülen irrigasyon sıvısı basıncı ölçülmüş. Bu iki basınç arasında korelasyon analizi yapılmıştır. İrrigasyon hattında bulunan puarın aniden gevşetildiği, içerisinde bulunan valf mekanizması sayesinde böbrek tarafından puara doğru geri akış olmayacağı için transdüserle böbrek içi basıncın anlık olarak yansıyor yansımadığı değerlendirilmiştir. Bu anlarda irrigasyon hattında okunan anlık basınç değerinin böbrek içi basınçla olan korelasyonunun zamansal ilişkisi de değerlendirilmiştir.

Bulgular

Çalışmada toplam 3 saat 53 dakika 04 saniye süresince basınç kaydı yapılmıştır. Ortalama irrigasyon basıncı 56,59 mmHg, ortalama intrarenal basınç ise 34,14 mmHg olarak saptanmıştır. İrrigasyon hattının basıncı (P_{itr}) ve intrarenal basıncın (P_{irb}) maksimum değerleri arasında orta düzeyde ($r: 0,49$), serbest akış dönemlerindeki tüm ölçümlerde de P_{itr} ve P_{irb} arasında yine orta düzeyde ($r: 0,506$) bir korelasyon izlenmiştir. Puara ait valfin kapalı kalması için ölçümlerin %8'inde öne sürülen "puar bırak tekniği" uygulanmış. Bu dönemlerde ise irrigasyon hattındaki basıncın düştüğü en düşük değer ile P_{irb} arasında 3 saniyelik bir dönem boyunca yüksek düzeyde bir korelasyon saptanmıştır ($r: 0.602-0,613$).

Sonuçlar

İntrarenal basıncın harici transdüserler ile irrigasyon hattı üzerinden de ölçülebileceğine yönelik bulgular umut vadetmektedir. Ancak gelecek çalışmalarda daha geniş hasta gruplarıyla, basınç üzerine etki eden diğer değişkenlerin de monitörize edilmesi gerekecektir.



ABSTRACT

Continuous Monitoring of Intrapelvic Pressure During Endoscopic Combined Intrarenal Surgery in Real Time

Objective

We aimed to measure intrarenal pressure (IRP) during endoscopic combined intrarenal surgery which is responsible for infectious complication. We sought to determine the relation between irrigation pressures and IRP. Furthermore we investigated the possible use of external pressure transducers to monitor IRP.

Patients and Methods

Pressure measurements were taken during lithotripsy using flexible ureterorenoscope (f-URS) for nineteen consecutive patients underwent endoscopic combined intrarenal surgery (ECIRS). Intrarenal and irrigation pressures were measured on the Chiba needle and at the entrance of f-URS working channel respectively. Correlation analysis used between the pressures on the Chiba needle and on the f-URS. Additionally, we investigated if IRP was reflected on the transducer connected to f-URS when the flow was temporarily interrupted because of the one way valve at the distal end of the pressure chamber.

Results

A total 3 hours 53 minutes and 04 seconds of measurements were recorded. Mean irrigation (P_{Irr}) and intrarenal pressures (P_{IRP}) were 56.59 mmHg and 34.14 mmHg respectively. Moderate correlations were observed between P_{Irr} and P_{IRP} during gravity irrigation periods (r : 0.506) and between the maximum levels of P_{Irr} and P_{IRP} (r : 0.49). During 8% of the measurement time, the suggested “pump release technique” was used which resulted in high level of correlation between P_{Irr} and simultaneous P_{IRP} for a 3 seconds period (r : 0.602 – 0.613)

Conclusions

The use of external pressure transducers on irrigation line to measure IRP seems promising but further studies with larger patients groups while monitoring other altering IRP are needed.

I. GİRİŞ VE AMAÇ

Gelişen teknoloji ile birlikte son yıllarda üriner sistem taş hastalığının (ÜSTH) tedavisi, geleneksel açık cerrahi yöntemlerinden minimal invaziv tedavi seçeneklerine doğru bir dönüşüme uğramıştır. Büyük kesiler oluşturmadan, bazen ise hiçbir kesi yapmadan vücudun içerisine girilerek uygulanan tüm bu minimal invaziv yöntemler “Endoüroloji” (*endo*: Antik Yunanca “ἐνδόν” (éndon,) “iç; dahili”) alanına dahil edilir. Özünde endoüroloji, terimin isim babası Arthur Smith tarafından da “genito-üriner sistemin kapalı manipülasyonu” olarak tanımlanmıştır(1). Kapalı manipülasyon ifadesi, geleneksel açık cerrahi haricindeki tüm işlemler için doğru olduğu düşünüldüğünde endoürolojinin tek başına üriner sistemin lümen içi endoskopisini kapsamayacağı açıktır. Bu bağlamda endoüroloji, lümenli organların içerisinde yapılan üreterorenoskopi, sistoskopi gibi yöntemlerin kullanıldığı ameliyatları içeren “endolüminal endoüroloji” ve laparoskopik nefrektomi, robot yardımlı laparoskopik radikal prostatektomi gibi ameliyatların oluşturduğu “ekstralüminal endoüroloji” olarak iki farklı kolda sınıflandırılmaktadır. Endolüminal endoürolojinin modern minimal invaziv tedaviler olarak öne çıkması, özellikle üreterorenoskopi (URS) ve lazer teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde olmuştur.

Açık nefrolitotomi, açık pyelolitotomi gibi operasyonlar 21. yüzyılın 3. dekadı itibarıyla üçüncü basamak merkezlerde çok nadiren uygulanmaktadır. Rupel ve Brown’ın 1941’de halihazırda açılmış bir nefrostomi traktını kullanarak böbrek taşı vücut dışına almaları perkütan nefrolitotripsi (PNL)’nin başlangıcı olarak düşünülebilir. PNL esnasında lomber bölgeden pelvikalisijel sisteme perkütan bir giriş yapıldıktan sonra dilate edilen trakt kullanılarak nefroskop adı verilen endoskoplar aracılığıyla taş ulaşılır. Taş fragmanlara ayrıldıktan sonra yine aynı trakt kullanılarak vücut dışına alınır. 1970’lerin sonu ile 1980’lerin başına doğru yaygınlaşan 30 Ch standart PNL’nin açık böbrek taşı cerrahilerinin yerini almasını perkütan enstrümanların boyutlarındaki küçülmeler izlemiştir. Standart PNL de yerini yıllar içerisinde 16 Ch çaplara kadar incelen endoskoplar ile mini, süper/ultra-mini PNL’ye bırakmaya başlamıştır. Bugün için Avrupa Üroloji Derneği (European Association of Urology, EAU) kılavuzlarında 20 mm ve üzerindeki boyutta böbrek taşlarının tedavisinde, böbrek içerisindeki lokalizasyona bakılmaksızın birinci tercih olarak halen PNL önerilmektedir (2). Diğer taraftan 10 ila 20 mm arasında boyuta sahip taşlar için böbrek alt polü hariç diğer yerleşimlerde PNL veya URS kullanılan tekniklerin her ikisi de eş derecede önerilmektedir. Doğal orifisler kullanılan ve perkütan giriş yapılmayan URS işlemine kıyasla PNL, görece daha

invaziv ve majör kanama riski gibi komplikasyonlar açısından daha morbiditesi yüksek bir cerrahi olmaktadır.

Tarihte ilk üreterorenoskopi işlemi 1912 yılında Young'ın 9,5 Ch çaptaki pediatrik sistoskopi üreter orifisinden ilerletebilmesi olarak kabul edilmektedir(3). URS işlemi esnasında eksternal üretral meatustan girilerek mesaneye ulaşılır. Taşın olduğu böbreğe ait üreter orifisinden geçildikten sonra intramural üreter, distal ve proksimal üreter boyunca endoskop ilerletilebilir. Bazı vakalarda üreteropelvik bileşkedeki (UPJ) de geçilerek renal pelvis (RP) vizüalize edilebilir. İngiliz fizikçi Harold Hopkins'in 1960'larda öne sürdüğü rod lens temelli endoskop tasarımları bugün modern endoskopların temelini oluşturur. Ancak manevra kabiliyetinin ileri derecede kısıtlı olması nedeniyle semi-rijid URS'ler ile renal kalikslerdeki taşlara müdahale mümkün değildir.

Pelvikalisijel sistem içerisindeki taşlara müdahale için doğal orifisler kullanılarak yapılacak cerrahinin olmazsa olmazı bükülebilir (fleksibl) üreterorenoskoplardır (f-URS). Semi-rijid URS'lerden farklı olarak f-URS, tutamak kısmında bulunan ve endoskopun en uç kısmına metal teller ile bağlı bir kol yardımıyla fleksiyon-defleksiyon hareketlerini, esnek gövdesinin üriner sistem içerisinde retrograd olarak ilerledikçe 1:1'e yakın tork oranını koruması sayesinde de rotasyon hareketlerini yapabilmekte, bu sayede kaliks içlerine de ulaşabilmektedir. f-URS'lerin perkütan girişe ihtiyaç kalmadan intrarenal erişimi sağlaması, retrograd intrarenal cerrahinin (RIRC) gelişmesindeki en önemli basamak sayılabilir. Modern ürolojide, en az invaziv yöntem olan ekstrakorporal şok dalga litotripsi (ESWL) hariç tutulduğunda böbrek taşlarına yapılacak cerrahi müdahalelerde PNL veya RIRC tercih edilmektedir. Son yıllarda her iki yöntemin aynı anda kullanıldığı endoskopik kombine intrarenal cerrahi (ECIRS) de, zorlu vakalarda tüm toplayıcı sisteme erişimi kolaylaştırdığından giderek daha çok kabul görmektedir(4).

RIRC ile PNL'nin birbirine üstünlükleri veya tercih edildikleri yerler bu çalışmanın konusu olmamakla birlikte, RIRC endikasyonları da gelişen endoskop ve lazer teknolojilerine paralel olarak genişlemektedir(5). Ancak, RIRC endikasyonlarının halen 20 mm'ye kadar olan taş yükü ile kısıtlı olması uzamış operasyon süresinin post-operatif septik komplikasyonlarla direkt ilişkili olmasından ve süre uzayamadığı için artan taş yükü ile taşsızlık oranlarının da azalmasından kaynaklanır(6, 7). İnce üreter çapı nedeniyle böbrekten mesaneye doğru sıvı çıkışı kısıtlı olacak, böbrek içi basınç da işlem süresine paralel olarak artacaktır.

Lazer cihazlarının gücü, hızı ve taş ablyonu kapasitelerinde meydana gelen gelişmeler ile birlikte daha büyük taşlara RIRC ile müdahale etmek mümkün olabilir ancak ince ureter kalibrasyonu RIRC esnasında taşların büyük parçalar halinde çıkarılmasına engel olmaktadır. Ek olarak eksternal uretral meatustan renal pelvise kadar tüm mesafenin uzunluğu tekrarlayan gir çıkış yapılarak taş fragmanlarını toplamayı etkin olmayan bir yöntem haline getirir. Bu sebeple “dusting” olarak adlandırılan, taşın tamamen toz haline getirilmesi ürologlar arasında oldukça popülerlik kazanmıştır(8). Toz haline getirme tekniği, aynı hacimdeki taşlar için lazer litotripsi açısından fragmanlara ayırma tekniğinden daha çok zaman gerektirmektedir(8). Tamamen toz haline getirmek için uzayacak cerrahi süresinde toplayıcı sistemdeki sıvı birikiminin artışı, oluşan toz parçalarından kaynaklanacak görüntü kalitesindeki düşüş nedeniyle yapılacak zorlu manuel irrigasyon ile pelvikalisyel sistemdeki sıvı basıncının artmaya başlaması kaçınılmaz olacaktır. Pelvikalisyel sistemdeki bu sıvının hidrostatik basıncı literatürde intrarenal, intrapelvik, renal pelvik veya toplayıcı sistem basıncı (İRB) olarak adlandırılır(9). Artan IRB, toplayıcı sistem içerisinde böbrek içerisindeki venöz ve lenfatik alanlara geri akım/reflü meydana gelmesine sebep olur(10). RIRC sonrası septik komplikasyonlardan artan IRB ile birlikte patojen mikroorganizmalar veya enfekte taşlar sorumlu tutulmaktadır(7). RIRS sonrası sistemik inflamatuvar yanıt sendromu (SIRS) oranı %8,1 olarak bildirilmiştir ve hastanın yaşı, taş yükü, irrigasyonu sıvısının akış hızı, artmış irrigasyonu volümü ve artmış İRB da SIRS gelişimiyle direkt ilişkilidir(11). İşlem süresince İRB'nin 30 mmHg veya 40 cmH₂O'nun altında tutulması, operasyon sürelerinin ise 2 saate sınırlandırılması önerilir(6, 12, 13).

Günümüzde, tüm sağlık kuruluşlarında operasyon esnasında kolaylıkla uygulanabilecek, özel bir ek malzeme gerektirmeyecek ve işlem maliyetlerinde çok yüksek bir artışa sebep olmayacak bir intrarenal basınç ölçümü yöntemi bulunmamaktadır. Bu nedenle literatürde RIRC esnasında meydana gelen basınç artışlarının miktarı ve bu artışların hangi seviyede komplikasyonlara yol açacağına dair yüksek kanıt düzeyine sahip kısıtlı sayıda çalışma mevcuttur. Mevcut çalışmalar ise aralarındaki heterojenite nedeniyle hangi basınç ölçümü yönteminin daha etkin olduğunun değerlendirilmesine imkan tanımamaktadırlar(14). Bu çalışmada, her ameliyathanede kolaylıkla bulunabilecek ekipmanlar kullanılarak RIRC esnasında meydana gelen basınçların belirlenmesi ve irrigasyon basıncının anlık değişimlerinin IRB üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

II. GENEL BİLGİLER

A. Üriner Sistem Taş Hastalığı

1. Tanım

Üriner Sistem Taş Hastalığı (ÜSTH) böbrek, üreterler, mesane ve üretradan oluşan üriner sistem içerisinde kalkül/taş veya kalsifikasyonlar bulunmasıdır(15). ÜSTH için yer yer kısaca “ürolitiazis” ifadesi de kullanılmaktadır.

2. Epidemiyoloji

Coğrafi bölgeler, ülkelerin gelişmişlik düzeyi, ırk ve genetik faktörlere bağlı olarak ÜSTH prevalansı değişiklik gösterir. En yüksekten düşüğe insidans beyaz ırk, Hispanikler, Uzak Doğu ve Asya kökenlileri takiben siyah ırkta görülür(16). Amerika Birleşik Devletleri’nde yapılan bir çalışmada ilk taş epizodu ile acil servise başvuranların insidansı 1992 yılında 178/100.000 iken 2009 yılına gelindiğinde bu rakamın 304/100.000’e yükseldiği gösterilmiştir(17). Ülkemizde biri 1991 yılında Akıncı ve ark. tarafından İstanbul Tıp Fakültesi Üroloji Anabilim Dalı bünyesinde, diğer ise Müslümanoğlu ve ark. tarafından 2010 yılında yapılan iki çalışmada ÜSTH prevalansı sırasıyla %14,8 ile %11,2; yıllık ÜSTH insidansı ise %2,2 ile % 1,7 olarak saptanmıştır(18, 19). Ek olarak ÜSTH tanılı hastaların birinci dereceden akrabalarında ÜSTH öyküsü oranı %28,5 iken hiç ÜSTH tanısı almamış gönüllülerin birinci dereceden akrabalarında ise bu oran %4,4 olarak raporlanmıştır(19).

B. Böbrek ve Toplayıcı Sistem Anatomisi

Böbrekler batin arka duvarında, vertebranın her iki yanında, sağ böbrek karaciğerden dolayı sol böbreğe göre 1-2 cm daha inferiora olmak üzere T12-L3 vertebralar hizasında, vücudun uzun eksenine göre de kendi uzun eksenleri hafifçe oblik olan bir pozisyonda bulunurlar. Böbreklerin medial kenarlarında renal arter, renal venden oluşan böbrek pedikülü bulunur. Pedikül komşuluğunda da toplayıcı sistemde idrarın döküldüğü ve ardından üretere geçiş yaptığı pelvis renalis izlenir. Böbrekler ve böbrek pedikülü, perirenal fasya içerisinde bulunan perirenal yağlı doku tarafından çevrelenir. Daha posteriora psöas majör kası ve posterior batin duvarını oluşturan diğer kas grupları, superiorda diafragma ve 12 kosta ile kısmen plevra, anterior ve medial sınırlarda ise peritoneal yapılar uzanır. Böbreği çevreleyen periton ve toraks boşlukları da belirli birer intralüminal basınç seviyesine, posteriordeki kas grupları ise sürekli bir kas tonusuna sahiptir. İntraabdominal basınç (IAB) ile intrarenal basınç (İRB) birbirleriyle yakın korelasyon gösterirler(20). Çocuklarda ağlama vb. durumlarda da İRB’da anlık 15

cmH₂O kadar artışlar olabilir(21). Böbrekler, her inspiyumla oluşan diafragma hareketleri nedeniyle kaudale doğru 3-5 cm kadar hareket edip ekspiyumda tekrardan eski konumlarına dönerler. Pyelonefrit gibi bazı durumlarda bu mobilite azalarak böbrek daha fikse hale gelebilir(22). Uzun eksenden yapılan bir insizyonla incelendiğinde böbrek parenkimi, periferinde fibröz kapsülle çevrilidir. Kapsülün altında daha soluk renkli korteks kısmı uzanır ve santral kesimlere doğru daha koyu renkli medulla ile devam eder. Renal medullada, tabanı korteks-medulla sınırına oturmuş, apikal kesimi ise daha santral kesimlere doğru uzanan ve sayısı her bireyde varyasyon göstermekle birlikte 10-12 kadar koni benzeri şekilli renal piramit ismi verilen yapılar bulunur. Renal piramitlerin apikal kısımlarına renal papilla adı verilir ve toplayıcı sistem de bu papillalarla komşuluk gösteren birer minör kaliksle başlar. Toplayıcı sistemin en proksimal kısmı minör kalikslerdir. Birkaç minör kaliks de birleşerek majör kaliksleri oluşturur. Majör kaliksler ise ayrı ayrı daha medialdeki renal pelvise dökülürler. Böbrekte bir rotasyon anomalisi yoksa renal pelvis, tüm kaliks gruplarından daha medial bulunur. Renal pelvis, kaudale doğru uzanarak inferomedialde proksimal üreter ile devam eder. Bu birleşim noktasına ureteropelvik bileşke (ÜPB, *İng: UPJ*) adı verilir.

Toplayıcı sistemi oluşturan kaliksler böbrek içerisinde de üst orta ve alt kesim olmak üzere 3 grup olarak bulunurlar. Kaliksler, renal papilla ile birleşim yerinde konkav/içbükey biçimdedir. Papillaları her iki taraftan saran medulla bölümlerine forniks adı verilir. Böbrek üst polünde genellikle 2-3 kaliks, böbrek orta kesiminde 3-4, alt polde ise yine 2-3 adet kaliks bulunur. Üst ve alt pol kaliksleri genellikle orta hattaki tek bir infundibulum ile pelvis renalisine açılırlar. Orta kesimdeki kaliksler ise ön ve arka olarak 2 grubun boyunlarının uzantısı halinde pelvise dökülürler. Damar komşulukları sadece böbrek pedikülünde değil minör kaliksler seviyesinde de toplayıcı sistemle yakın ilişki gösterir. Renal arter, segmental arterlerden lobar ve sonrasında interlobar arterlere doğru bir uzanım gösterir. İnterlobar arterler papillanın tabanına paralel biçimde uzanırken afferent arteriolü verecek olan interlobüler arterleri verirler. Minör kalikslerin infundibulumu, böbreğin interlobar arterleri ile yakın komşuluktadır ve perkütan girişimlerdeki kanama riski açısından önemlidir. Renal venöz yapılar genel anlamda arterleri takip eder ancak daha yoğun bir kollateral anastomoz ağı oluştururlar. Lenfatikler ise daha çok kortekste ve arkuat arterler ile interlobüler arterler etrafında yaygın olup interlobar lenf damarları üzerinden genellikle renal hilusa doğru uzanırlar.

Pelvis renalis tabanı parenkime, apikal kısmı ise üretere doğru uzanan bir piramit biçimindedir (Gerçek pelvis). Bazen iki geniş kaliks boynu gibi uzanan pelvis ÜPB seviyesine kadar ayrı ayrı uzanarak burada birleşme gösterebilir ve bifid (dupleks) pelvis görünümü oluşur.

Gerçek pelvisin piramit şekli böbrek parenkimi ile tamamen çevreli ve sadece ÜPB seviyesinde renal sinüsten çıkıyorsa intrarenal pelvis adı verilir. Anatomik bir varyasyon olarak bu piramidin bir kısmı parenkim tarafından çevrenmeden renal sinüsten dışarı doğru uzanır ve bu durumda ekstrarenal pelvis varyasyonundan bahsedilir. Normal şartlar altında renal pelvis 3-5 ila 10-12 mL hacme sahiptir(23, 24). Pelvis renalisin intrarenal olduğu durumlarda intrarenal basınç artışı gerçekleşirse, kendisini çevreleyen parenkimden kaynaklı pelvisin genişleme kapasitesi kısıtlanacak ve basınç artışı daha hızlı bir şekilde parenkim üzerine yansıyacaktır. Ters durumda ise ekstrarenal pelvis, renal parenkimden çok perirenal yağlı doku ile komşuluk gösterdiği için intralüminal bir basınç artışında daha kolaylıkla genişleyebilecek ve basıncın parenkime yansması daha az olacaktır(25).

ÜPB'den sonra üriner sistem, üreterle devam eder. Üreterler üst, orta ve alt veya abdominal, pelvik ve intramural üreter şeklinde 3 anatomik bölüme ayrılır. Mesane ile renal pelvis arasında üreterler 22-30 cm uzunluğa(23) ve 17-18 yaş grubundaki çocuklarda üst, orta ve alt üreter sırasıyla 5,1 , 5,4 ve 4,5 mm iç çapa sahiptirler(26). Üreterlerin seyri boyunca en dar kesimi intramural üreter olup 3-4 mm çapa ve 1,5-2 cm uzunluğa sahiptir.

C. Retrograd İntrarenal Cerrahi

1. Tanım

Retrograd intrarenal cerrahi (RIRC), bükülebilir üreterorenoskoplar (f-URS) ve Holmium- Yttrium Aluminium Garnet (Ho-YAG) lazer, Thulium fiber lazer vb. uygun enerji kaynakları kullanılarak böbrek taşı veya üst üriner sistem tümörleri (ÜÜST) gibi patolojilerin endoskopik olarak tedavisine verilen isimdir(7).

2. Tarihçe

İlk üreteroskopi 1912 yılında Hugh Young'ın pediatrik sistoskopi dilate üreter orifisinden renal pelvise ilerletebilmesine atfedilse de gerçek anlamda ilk rijit URS 1976 yılında Edward S. Lyon tarafından Albona Jaybis isimli hastasının intramural üreterden kaynaklanan tümörüne yönelik "hastanın kesinlikle açık cerrahiye kabul etmemesi ve başka ne yapılacaksa kabul etmesi" sonucu deneysel bir method olarak uygulanmıştır. Daha sonra da özel tasarım ilk URS'ler Richard Wolf firması tarafından yazara temin edilmiştir(27, 28). Bükülebilir ilk URS tasarımı ise 1964 yılında Marshall'ın sistoskop içerisinden ilerletilen cam fiberi ile üreter taşıyı görüntülemesine(29), ilk aktif defleksiyon özelliğine sahip f-URS uygulamaları ise 1970'li yıllarda Takayasu'nun çalışmalarına dayanır(30, 31). Dr. Lyon'un çalışmalarına Demetrius Bagley ve Jeffry Huffman'ın da dahil olmasını takiben ekip farklı tekniklerin denemelerine

başlamıştır. Literatürde bugünkü anlamıyla f-URS'nin izleri Bagley ve ark.'nın 1987 yılındaki çalışmasına uzanır(32). URS ile birlikte görülen kalküllerin, URS çıkarılıp aynı yere yerleştirilen litotriptörlerle direk görüş olmaksızın “taktil” teknikle fragmente edilmesiyle başlayan süreçte(33) gelişen teknoloji sayesinde bugün Holmium-YAG, Thulium Fiber gibi lazerler ile taşların toz haline getirilmesi, üst üriner sistem tümörlerinin lazer enerjisi ile ablate edilmesi veya darlık alanlarının insize edilmesi mümkün olmaktadır.

3. Endikasyonları

Böbrek taşlarının cerrahi tedavisi için genel endikasyonlar: taş yükünde artış olması, taş oluşturmaya yatkınlık açısından yüksek riskli grupta olan hastalardaki taş varlığı, taşa bağlı enfeksiyon veya obstrüksiyon gelişmesi, ağrı veya hematüri gibi bir semptom gelişmesi, taşın en büyük çapının 15 mm'den büyük olması ve 15 mm'den küçük taşlar için de tedavisiz izlem açısından hastanın uygun olmaması veya cerrahi tedavi istemesidir.

Avrupa Üroloji Derneği (EAU) ve Amerikan Üroloji Derneği (AUA) kılavuzları seçilecek cerrahi teknik açısından genel anlamda benzer öneriler sunmaktadır(2, 34). Her ikisinde de, böbrek alt polü hariç diğer lokalizasyonlardaki 20 mm ve üzerindeki taşlar için önerilen yöntem perkütan nefrolitotripsi (PNL)'dir. Aynı lokalizasyonlar için AUA kılavuzunda <20 mm boyutlu taşlar için ise ESWL veya f-URS, her ikisi de tercih edilebilir denmekte iken EAU kılavuzunda ise <10 mm boyutunda taşlar için ESWL veya f-URS önerilir. EAU kılavuzunda 10-20 mm aralığındaki taşlar için ayrıca öneri verilmiş olup ESWL veya “Endoüroloji”(PNL veya f-URS) uygulanabilir denmektedir.

Böbrek alt polündeki taşlar için AUA'nın tedavi modalitesi önerisi <10 mm taşlarda “ESWL veya f-URS” şeklinde, 10-20 mm taşlar için ise “ESWL veya Endoüroloji” şeklindedir. EAU kılavuzunda 10 mm altı için ESWL veya f-URS önerildiği daha önce belirtilmişti ancak 10-20 mm arası taşları için değerlendirilmesi gereken bir parametre daha eklenerek ESWL başarısızlığını ön gören faktörler olup olmadığına göre tedavi modalitesine karar verilmektedir. ESWL için elverişsiz hastalarda ise f-URS veya PNL ilk tercih teknik olarak önerilmektedir.

4. Kontrendikasyonları

Tüm endoürolojik girişimler gibi tedavi edilmemiş pozitif idrar kültürü haricinde f-URS/RİRC ilişkili özel bir kontrendikasyonu mevcut değildir(35).

D. İntrarenal Basınç (İRİB)

1. Tanım

Üst üriner sistem basınçlarının antegrad ölçümünün temelleri, fonksiyonel olarak obstrüksiyon ile hidronefrozun ayrımının yapılması konseptini oluşturup ve böbrek içi basıncın tanımlanmasını yaptığı basınç akım çalışmaları sayesinde Robert H. Whitaker tarafından atılmıştır(6, 36, 37). Böbrek toplayıcı sistemindeki (renal pelvis ile majör ve minör kaliksler) intralüminal hidrostatik basınca intrarenal basınç (İRİB) denir(9). Whitaker'ın tanımına göre ise İRB, bir sıvıyı sabit bir akım değerinde böbrek toplayıcı sistemine doğru ilerletmek için gereken basınç değeridir(6). İntrarenal basınç için intrapelvik, renal pelvik, intrakalisyel veya böbrek içi basınç ifadeleri de eş anlamlı olarak kullanılmaktadır(38). Yakın zamanda da RİRC esnasında renal pelvis ve kalikslerdeki basınçların pozitif bir korelasyon gösterdiği bildirilmiştir(38).

2. Literatürde Basınç Ölçümü İçin Kullanılmış Yöntemler

a. Retrograd Yerleştirilen Transüreteral Kateter

Literatüre bakıldığında pek çok yazar, farklı yöntemle hayvan modelleri üzerinde ve insanlarda in vivo veya ex vivo olarak böbrek içi basıncı ölçmüşlerdir. En sık kullanılan yöntemlerden biri içerisindeki basınç ölçülmek istenen lümene yerleştirilen ve diğer ucu basınç transdüserine bağlanmış, içerisi hava kabarcığı kalmaksızın serum fizyolojik ile doldurulmuş bir kateter üzerinden alınan ölçümlerdir. Hinman 1926 yılında bir ucu civalı cam manometrelere bağlı sistemlerle yapılan infüzyonlar esnasında ex-vivo basınç ölçümleri almıştır(10). **Kill ise 1953** yılındaki in vivo çalışmasında sistoskopi esnasında renal pelvis retrograd olarak üreter kateterleri yerleştirerek pelviste ardından da üreter orifisinden 25 ve 10 cm uzaklıklarda üreter içerisinde peristaltik dalgaları da gösteren ölçümler yapmış. Bu ölçümleri de Stathan marka elektrikli basınç transdüserleri ve Brush osilatörler kullanarak kaydetmiştir(39). Kill'in yöntemi gibi **Rattner ve ark.** da **1957** yılında proksimal ucu 17 kadın gönüllünün renal pelvisine yerleştirilen 4 Ch bir üreter kateterinin dışarıda kalan distal ucuna yine bir Stathan marka elektrikli bir basınç transdüseri bağlayıp basınç ölçümlerini yapmışlardır(40). Anestezi altındaki domuz modelinde ise Donkervoort ve ark. üreter bağlandıktan sonra renal pelvis yapılan bir insizyondan yerleştirilen 12 F kateterler üzerinden ölçümleri gerçekleştirmişlerdir. Bu yöntemlerin insanda kullanıldığı ve RİRC esnasında gerçek klinik verilerin elde edildiği çalışma 2008 ve 2015 yılında **Jung ve ark.** tarafından yayınlanmış, 12 hastada retrograd olarak yerleştirilen 4 Ch üreteral kateteri üzerinden ölçümler alınmıştır(5). Benzer yöntem kullanılarak 2002 yılında **Troxel ve ark.**, 2008 ve 2021 yıllarında ise **Zhong**

ve ark.nın çalışmalarında da PNL yapılan hastalarda yine bir ucu renal pelvise yerleştirilmiş sırasıyla 6 Ch, 7 Ch ve 5-6 Ch üreteral kateterlere bağlanılan transdüserler ile hasta başı monitörü kullanarak intrarenal basınç ölçülmüştür(41, 42).

Yoshida ve ark.'nın ex-vivo domuz modelinde yaptığı çalışmalarında ise farklı olarak domuz üreterine, üreteral erişim kılıfı ve bunun yanına bir adet de yine 6 Ch üreter kateteri yerleştirerek üretere tespit etmişlerdir. ÜEK içerisine ilerletilen f-URS ile yapılan denemelerde 6 Ch kateterin ucuna bağlanan basınç transdüseri ile ölçüm yapılmıştır(43).

Aynı çalışma prensibi ile yapılan bir başka çalışmada ise **Cai ve ark. 2008 yılında** semirijit URS ile renal pelvise ulaştıkları anda irrigasyonu hattını kapatıp URS'nin içinden sıvı kolonunun vücut dışında ve böbrek hizasında olan bir basınç transdüseriyle bağlantı yapmasını sağlayarak kapalı bir sistem URS üzerinden renal pelvisin basıncını ölçebilmişlerdir(44). **Alsyouf ve ark.** aynı çalışma prensibini f-URS'ye uygulanarak PNL esnasında da f-URS üzerinden İRB ölçümü gerçekleştirmişlerdir(45).

b. Perkütan, Antegrad Yerleştirilen Kateter

Retrograd yolla yerleştirilen üreter kateterlerindeki sıvı ile dolu tüplerden basıncın iletileceği prensibine dayanarak ölçümler, perkütan yolla antegrad yerleştirilen kateterler de yapılabilir. Antegrad böbrek içi basıncın ölçümünün temeli daha önce de bahsedildiği gibi Robert Whitaker'ın "basınç kontrollü nefrostografi" testine dayanır.

Wilson ve ark. 1990 yılında daha önceden perkütan nefrostomi yerleştirilmiş olan 6 hastada f-URS esnasında perkütan nefrostomi (PN) kateteri üzerinden basınç ölçümü yapmışlardır(46). Benzer biçimde **Auge ve ark. 2004** yılında obstrüktif nefrolithiyazis nedeniyle yine acil şartlarda PN yerleştirilen hastalarda PN üzerinden f-URS esnasında ÜEK kullanılan ve kullanılmayan anlarda basınç ölçümü yapmışlardır(47). **Shao ve ark. ise 2012** yılında PNL sonrası üreterde rest kalkül izlenen hastalarda yapılan semirijit URS esnasında, PNL esnasında yerleştirilip halen yerinde olan nefrostomi kateteri üzerinden İRB ölçümü gerçekleştirmişlerdir(48).

c. Sensör İçeren Enstrümanların Direk Böbrek İçerisine Yerleştirilmesi

Doizi ve ark. ile **Sierra ve ark.**, aslen girişimsel kardiyolojide koroner arterlerde mevcut darlıklara bağlı arter proksimali ve distali arasında oluşan basınç farklarının ölçülmesini sağlayan ve uç kısmında bir basınç sensörü içeren fraksiyonel akım rezervi (FFR) ölçümünde

kullanılan PressureWire® (Abbot, ABD) isimli bir kılavuz teli, RİRC esnasında f-URS'nin yanından renal pelvise yerleştirerek İRB ölçümünde kullanılmışlardır(49-51).

Doizi ve Sierra'nın çalışmalarına benzer biçimde **Patel ve ark.** da RİRC yapılan hastalarda operasyon esnasında Verrata® (Philips N.V. Hollanda) isimli kardiyak basınç ölçümünde kullanılan bir kılavuz teli toplayıcı sisteme yerleştirerek ölçüm yapmışlardır(38). Bu çalışmada farklı olarak, iki adet çalışma kanalına sahip bir f-URS kullanılmış ve sensör kateter, f-URS'nin dışından değil bu ikinci kanal içerisinden yerleştirilmiştir. Bu sayede de çalışılan kalikslerin basıncının ölçülmesi sağlanmıştır. Aynı çalışmanın pre-klinik kadavra modelindeki konsept deneme ölçümlerinde de PN kateterinden alınan harici ölçümlerle Verrata'dan alınan ölçümler arasında anlamlı fark olmadığı izlenmiştir.

Croghan ve ark. başka bir kardiyak basınç sensörünün (Comet II™, Boston Scientific, ABD) retrograd biçimde renal pelvise yerleştirilerek yapıldığı çok merkezli bir çalışmada İRB değerlerini literatürdeki geçmiş çalışmalardan daha geniş bir seride bildirmişlerdir(52).

Shu ve ark. ise böbrek fantomu modelinde benzer bir basınç sensörlü kılavuz tel (SMI-1B-48-180-BDAP, Silicon Microstructures, ABD) kullanarak bunu ucu böbrek içine yerleştirilmiş ve eksternal basınç transdüserine bağlı bir iğne üzerinden alınan ölçümlerle kıyaslamışlardır(53).

Gelişen teknoloji ile basınç sensörlerin ayrı bir katetere değil, doğrudan üreterorenoskopun üzerine yerleştirilmesi de mümkün olmuştur. Henüz Avrupa Birliği'nde CE sertifikasyonu almayan LithoVue Elite ® (Boston Scientific, ABD) isimli bir tek kullanımlık f-URS ile herhangi bir kateter veya basınç sensörü içeren özel bir kılavuz tel yerleştirmeden İRB'nin ölçülebileceği önce domuz modelinde gösterilmiştir(54). İlk sonuçlar ise Kasım 2023'te **Bhojani ve ark.** tarafından yayınlanmıştır(55).

Yang ve ark.'nin çalışmasında ise yazarların patentine de sahip oldukları ve basıncın ölçülmesi için ayrı bir lümeneye sahip bir nefroskop kılıfı, kılıftaki bu lümeneye renal pelvisten dolan sıvının basıncını ölçen bir sensör ile aynı zamanda retrograd yerleştirilen 5 Ch çaptaki ureter kateteri kullanılarak PNL esnasında toplayıcı sistem basıncını ölçülmüşlerdir(56). Benzer biçimde **Deng ve ark.** da patentli, basınç ölçümü yapabilen, iç kısmında bir basınç sensörü bulunan özel ÜEK ile f-URS esnasında böbrek içi basınç ölçümü yapmış ve 93 hastalık ilk serilerini yayınlamışlardır(57). Aynı ÜEK kullanılarak **Huang ve ark.** 2018'de soliter

böbrekli 40 hastada, **Gao ve ark. ise** 2022 yılında 310 hastadaki serilerini yayınlamışlardır(58, 59).

d. Proksimal irrigasyonu basıncı ile İRB tahmini

Shu ve ark. 2021 yılında yaptıkları çalışmalarında irrigasyon basıncının f-URS'nin çalışma kanalının girişinden önceki seviyeden eksternal sensörlerle ölçümü sayesinde non-invaziv bir biçimde İRB'nin tahmin edilmesini sağlayan bir irrigasyonu sistemi ile yapay böbrek fantomu ile taze domuz böbreği modelinde in vitro olarak İRB değerlerini gözlemlemişlerdir(60). Bu dolaylı ölçümleri de direk böbrek içerisine yerleştirilen bir iğne vasıtasıyla ikinci bir transdüserden ölçülüp gerçek İRB olarak kabul edilmiş bu ikinci değerlerle karşılaştırmışlardır.

3. Normal ve Bildirilmiş Anormal Basınç Değerleri

Obstrüksiyonun olmadığı, düşük diürez ve pelviüreteral sistemin aperistaltik anlarında fizyolojik renal pelvis basıncı 5-15 mmHg düzeyindedir(24, 39, 40, 61). Artmış diürez veya peristaltik aktivite ile İRB'de 25 - 27 mmHg seviyelerine dek yükselme olabilir(10, 39). Glomerüler filtrasyon basıncı 6-12 mmHg normal mesane basıncı ise yaklaşık 30 cm H₂O düzeyindedir(22).

Wilson ve ark. f-URS esnasında PN kateteri üzerinden yapılan antegrad ölçümlerde 100 cm yükseklikte asılan irrigasyon sıvısı ile oluşan İRB'nin genellikle 55 mmHg (75,7 cmH₂O)'nın altında kaldığı, zorlu manüel irrigasyon ile ise 440 mmHg'ya kadar yükselen İRB değerleri bildirmişlerdir(46). Otomatik pompalar ise 100 ve 200 mmHg irrigasyon basınçları için 80 ve 110 mmHg seviyelerine kadar yükselen İRB değerleri oluşturmuştur. Hiçbir hastada ÜEK kullanılmayan bu çalışmada nefrostomiden drenaj sağlandığında ise İRB'nin 5 mmHg seviyelerinde kaldığı gösterilmiştir.

Jung ve ark. retrograd üreter kateteri yerleştirilerek ölçüm yapılan in vivo çalışmasında ise litotripsi öncesinde RIRC esnasında ortalama İRP 35 mmHg, litotripsi esnasındaki ortalama İRB 54 mmHg, maksimum piklerin ortalaması ise 115±83 mmHg (83-328 mmHg) olarak bildirilmiştir(5). Bu çalışmada ise 8 ml/dk sabit akıma ayarlanmış otomatik irrigasyon pompası ve gereklilik halinde şırınga ile yapılan zorlu manüel irrigasyon kullanılmıştır.

Doizi ve ark.'nın 4 hastalık in vivo pilot çalışmasında, RIRC esnasında hastalarda PressureWire ® kullanarak yapılan ölçümlerde bazal İRB 4,38 mmHg [=6 cmH₂O (4,1-9,5

cmH₂O)]¹, 80 cmH₂O basınçta otomatik irrigasyonu cihazı kullanarak zorlu manüel irrigasyonu olmadan ortalama renal pelvis basıncını 63 cmH₂O olarak saptamışlardır(49). Aynı çalışmada, litotripsi esnasında gereklilik halinde zorlu irrigasyonu yapıldığı durumda ortalama İRB 115,3 cmH₂O (84,1mmHg) olarak, en yüksek basınç pikleri ise 289,3 – 436,9 cmH₂O arasında değişmekte şeklinde raporlanmıştır. Bu çalışmada irrigasyondan sorumlu asistan basınç monitörü açısından körleştirilmişken aynı ekibin 20 hastalık ikinci çalışmasında asistanın basınçları takip etmesi sağlanmıştır(50). 14 hastada ÜEK kullanılan bu çalışmada, genellikle 10/12 Ch kılıf kullanılmış ve 40 cmH₂O irrigasyon basıncında medyan İRB 35,2 cmH₂O (25,69 mmHg), diğer 6 hastada ise 37,4 cmH₂O (27,15 mmHg) olarak saptanmıştır. En yüksek basınç pikleri ise 54,4 cmH₂O ile 238 cmH₂O (39,7-173 mmHg) arasında izlenmiştir.

ÜEK 10/12 Ch veya daha büyük çapta, irrigasyonu basıncı da 100 cm H₂O'nun altında olduğu durumlarda ise İRB'nin 30 cm H₂O'nun altında kaldığı gösterilmiştir(12). İnsanda yapılan intrarenal basınç ölçümlerinde bildirilen değerler ve yapılan çalışmaların genel özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

¹ (1 cm H₂O = 0.73 mm Hg = 0.97 mbar) - (1 mmHg = 1,35951 cmH₂O)

Tablo-1. İnsanda (in-vivo) İRB ölçümü yapılan çalışmalar ve bildirilmiş basınç değerleri

Çalışmanın yazarı	Yapılan Girişim	Ölçüm yöntemi	Hasta/Gönüllü Sayısı	İrrigasyon Yöntemi	İrrigasyon Değeri	Bazal İRB	Forse İrrigasyon olmaksızın ortalama İRB	Tedavi periyodlarında ortalama İRB	Maksimum Basınç Piki
Kill 1953	Sistoskopi	RÜK - 4 Ch	1	M/D	M/D	5-10 mmHg	M/D	M/D	25 mmHg (üreter peristaltizmine bağlı olarak)
Rattner ve ark. 1957	Sistoskopi	RÜK - 4 Ch	17K	M/D	M/D	14,7 cmH2O	M/D	M/D	40-70 cmH2O (koilik esnasında)
Wilson ve ark. 1990	f-URS	PNK - 8 Ch -14 Ch	6	OPI + MP	100-200 ^a cmH2O	30-40 mmHg	^a 70-85 mmHg ^b 98-110 mmHg	85-115 mmHg	345-410 mmHg
Augé ve ark. 2004	f-URS	PNK	5 (3E/2K)	Yİ + MP	M/D	15 mmHg vs 13,5 mmHg (ÜEK+)	≈90 mmHg	M/D	M/D
Troxel ve ark. 2002	PNL	RÜK - 7 Ch	31(18E/13K)	Yİ	100 cmH2O	M/D	M/D	≈20 mmHg	M/D
Zhong ve ark. 2008	PNL	RÜK - 5 Ch (Farklı nefroskop çapları karşılaştırılması)	80 (44E/36K)	OPI	150-250 mmHg (250-400 mL/dk)	M/D	M/D	6,64-24,55 mmHg	M/D
Zhong ve ark. 2021	PNL	RÜK - 6 Ch (mini vs. süper mini PNL)	93	OPI	(250-400 mL/dk)	M/D	M/D	17,72 vs. 12,03 mmHg	M/D
Shao ve ark. 2012	f-URS	PNK - 16 Ch (içerisinden 8 Ch dual lümen ürodinami kateteri)	15	OPI	50 mmHg 100 mmHg 200 mmHg	16,37 cmH2O	M/D	46,06 cmH2O 99,07 cmH2O 166 cmH2O	M/D
Cai ve ark. 2012	f-URS	7 Ch f-URS'nin çalışma kanalı üzerinden	66	M/D	M/D	M/D	M/D	74,5 mmHg(akut grup) 32,5 mmHg (kronik grup) 10,2 mmHg (kontrol grubu)	M/D
Aisyounf ve ark. 2018	PNL	f-URS'nin çalışma kanalı üzerinden	20	Yİ	110 cmH2O	9,7 mmHg	M/D	30,3 (rijit nefroskop) vs. 12,9 mmHg (f-nefroskop)	M/D
Jung ve ark. 2008 - 2015	f-URS	RÜK - 4 Ch	12	OPI + MP	8ml/dk	12,1-10,3 mmHg 10 mmHg	34-35 mmHg 35 mmHg	54 mmHg	328 mmHg
Deng ve ark. 2016			93		M/D	M/D	M/D	-2 mmHg	M/D
Peng ve ark. 2018			82		M/D	M/D	M/D	-2 mmHg	M/D
Huang ve ark. 2018	f-URS	ABKS ÜEK	40 (25E 15 K)	OPI	50-150 mL/min. 50-150 mL/min.	M/D	M/D	(-15) (-5) mm Hg (-15) (-5) mm Hg	M/D
Gao ve ark. 2022			310						
Yang ve ark. 2016	PNL	ABKS NK RÜK - 5 Ch	60 (41E 19K)	OPI	300-600 ml/min	M/D	M/D	-12 , +2 mmHg	M/D
Chen ve ark. 2019	f-URS vs PNL	ABKS ÜEK ABKS NK	46 f-URS 45 PNL	OPI	50-150 mL/min	M/D	M/D	-5 to -15 mm Hg	M/D
a. Doizi ve ark. 2021	f-URS	Pressurewire ® kardiyak FFR teli	4	OPI + MP	80 cmH2O	6 cmH2O	63 cmH2O	115,3 cmH2O	289,3-436,9 cmH2O
b. Sierra ve ark. 2022	f-URS	Pressurewire ® kardiyak FFR teli	20 (11E/9K)	OPI + MP	40 cmH2O	13,6 cmH2O	35,2 -37,4 cmH2O	61,2 cmH2O (27,1-149,5)	54,4-238 cmH2O
Patel ve ark. 2021	f-URS	Verrata ® kardiyak basınç teli (1 Ch)	8 (2E/6K) (Toplam 45 Kaliks)	BIT veya OPI	150 mmHg	17,9-41,3 mmHg	M/D	M/D	M/D
Croghan ve ark. 2023	RGP f-URS f-URS	Comet II™ kardiyak basınç teli	120	Yİ ^a +/- BIT ^b veya MP	≈50 cmH2O ^a 100-150-200 mmHg	16,45 mmHg	40,1 mmHg* (SS: 22,7)	56,6 mmHg (sadece 9 hasta)	99,6 mmHg (SS:61,72)
Bhojani ve ark. 2023	f-URS	Lithovue Elite ® tek kullanımlık f-URS üzerine yerleştirilmiş basınç sensörü ile	50	BIT +/- MP	150 mmHg	M/D	28,5 mmHg	M/D	174 mmHg

K: Kadın, E: Erkek, RÜK: Retrograd Üreter Kateteri, PNL: Perkütan Nefrostomi Kateteri, Ch/Fr: Charrière (French), İRB: İntrarenal Basınç, M/D: Mevcut Değil, Yİ: Yereçkimi İrrigasyonu, MP: Manüel Pompa, OPI: Ototmatize İrrigasyon Pompası, f-URS: Rijid Üreterenoskop, PNL: Perkütan Nefrolitotomi, f-URS: Bükülebilir Üreterenoskopi, RGP: Retrograd Pyelografi, ÜEK: Ureteral Erişim Kılıfı, NK: Nefroskop Kılıfı, BIT: Basınçlı (Şişirilebilir) İrrigasyon Torbası, ABKS: Akıllı Basınç Kontrol Sistemi, SS: Standart sapma

4. Toplayıcı Sistemde Akışkan Dinamikleri ve Basınç-Hacim İlişkileri

Donkervoort ve ark.'nın domuz modelinde ani komplet obstrüksiyonu simüle ederek yaptığı deneysel çalışmalarında, 2 ml/dk infüzyon hızında İRB 15-20 mmHg seviyelerine gelene dek renal pelvis hacimdeki artışa kıyasla basınç artışının eksponansiyel özellikte olduğunu saptamışlardır. Böbrek içi basınçta 20 mmHg seviyesinden sonra gerçekleşen artışların ise hacimdeki artışla daha paralel gittiği ve aralarında lineer bir ilişki olduğu gösterilmiştir(9, 62-64). Lineer ilişki başlayana dek olan bu eksponansiyel artış, renal pelvis kompliyansının dolaylı bir göstergesidir(65). Lineer ilişkinin yeniden kaybolması için en az 50 mmHg üzerindeki bir basınç değerine ulaşılması gerektiği ancak kaybolmaya başladığı noktanın ise bireysel farklılıklar göstererek 60-180 mmHg arasında olabileceği gösterilmiştir(64). Ek olarak erişilen basınç ile pelvis hacmi arasındaki lineer ilişkinin başladığı 20 - 50 mmHg arası seviyelere ulaşılmasını takiben infüzyon herhangi bir maksimal basınçta durdurulup sistemin kapalı hali korunduğunda, İRB'nin 20 mmHg için %1, 50 mmHg için ise %20 kadar düştüğü ve ardından stabil kaldığı gözlenmiştir. Bu durum "pelvikalisyel sistemin stres relaksasyonu" olarak adlandırılmış, buna bağlı olarak da 50 mmHg altındaki basınçlarda domuz toplayıcı sistemi stabil bir elastik ünite olarak değerlendirilmiştir(62, 64). Bu bulgulara paralel olarak Marom ve ark. da irrigasyon miktarı arttırıldıkça İRB'deki artışın önce lineer olmayan bir şekilde gerçekleştiğini, takiben irrigasyon hızındaki artışla lineer olarak İRB'de de artış olduğunu saptamışlardır. Bu lineer artış döneminde, İRB-irrigasyon hızı eğrisinin eğimini belirleyen ise (giren ve çıkan sıvı miktarları eşit kabul edildiğinde) sistemin çıkış direnci olduğu savunulmuştur(54). Son olarak çok yüksek çıkış direnci durumlarında ise İRB ile irrigasyon hızının tümüyle lineer bir ilişki gösterdiği bildirilmiştir.

Marom ve ark. ise domuz modelinde irrigasyon sıvısının toplayıcı sistemden çıkış direncini değiştirerek yaptıkları çalışmalarında, İRB'de irrigasyona karşın gerçekleşen değişimlerin iki evrede gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir. Artan irrigasyon miktarına karşın böbrek içi basıncın paralel artmadığı, toplayıcı sistem kompliyansı sayesinde giren sıvı miktarının toplayıcı sistemin hacmi arttırılarak karşılandığı bir "kompliyans evresi"; yaklaşık 30-50 cmH₂O (21,9-36,5 mmHg) düzeyindeki "kompliyansın doyumluğa ulaştığı basınç" seviyesinden sonra ise daha fazla hacim artışının olmadığı ve artan irrigasyona İRB'deki artışın lineer bir biçimde eşlik ettiği "izovolümetrik evreyi" göstermişlerdir(54).

İntraluminal basıncı belirleyen yapısal faktör, lümenin çeperindeki duvar gerilimidir. Renal pelvis, basınç karşısında genişleyebilme özelliği nedeniyle viskoelastik olarak kabul

edilmelidir. Birim basınç (P) karşısında birim hacim (V) artışı, artan basınç değerlerinde ters orantı gösterir. İrrigasyonun ilk başladığı ana kıyasla birim zamandaki pelvis hacmindeki genişleme miktarı, maksimal hacime yaklaşıldıkça artan duvar gerilimiyle birlikte azalacaktır. Bu da renal pelvisin sertlik katsayısının (K) basınçla birlikte değişeceğini, yani artan basınçla karşı artan duvar gerilimine paralel olarak artacağını gösterir ($\Delta P=K.\Delta V$)(66). Öte yandan Weiss ve ark. da 1972 yılında kedi üreterlerinde yaptıkları çalışmalarında, üreter uzunluğunun gerilerek arttırıldıktan sonra eski haline dönmesini takiben belirli bir uzunlukta sabit tutulduğunda, üreter duvarının dinlenme anındaki geriliminin azaldığını göstermişlerdir(67). Bu durumda da stres relaksasyonu, viskoelastik bir yapının gerilmeye karşı gösterdiği bir kompensasyon mekanizması olarak değerlendirilmektedir. Oratis ve ark., Mortensen ve ark.'nın renal pelvis basınç hacim çalışmalarındaki ölçümler baz alınarak renal pelvisin sertlik katsayısını $0,41\pm 0,3 \text{ cmH}_2\text{O/mL} (= 9,8 \times 10^{-5} \text{ Pa/m}^3)$ olarak hesaplamışlardır(66). Sertlik katsayısı, normal fizyolojinin aksine sabit kabul edildiğinde yapılan hesaplamalarda ÜEK kullanılmadığı durumlar için irrigasyon basıncı ile İRB arasında 0,8 düzeyinde sabit bir oran ortaya çıkmaktadır(66).

f-URS esnasında oluşacak böbrek içi basınç, toplayıcı sisteme giren ve çıkan irrigasyonu sıvısı arasındaki denge ile doğrudan ilişkilidir(68). İrrigasyon sıvısının asıldığı yükseklik, endoskopun çalışma kanalının başlangıcı seviyesindeki 3 yollu musluk ve Tuohy-Borst adaptörü seviyesinde, irrigasyon sıvısının böbrek içerisine ilerletilmesi için gereken kinetik enerjiyi oluşturan “yürütücü” giriş basıncının düzeyini belirler(69). Bu basınca bağlı olarak endoskopun çalışma kanalı boyunca oluşan akım (69) ile Poiseuille denkleminde göre distal ve proksimal uçlar arasında bir basınç kaybı olur. İrrigasyon sıvısının çıkışını belirleyen ise endoskop ile üreter duvarı (veya varsa ÜEK iç duvarı) arasında kalan boşluk miktarı ve boşluk miktarına göre değişen oranlarda gelişen dirençtir(54, 70, 71). Çalışma kanalı içerisinde bulunan enstrümanlar, ile endoskopun uç kısmının defleksiyonu çalışma kanalı içerisindeki akım ile doğrudan ilişkilidir ama maksimal defleksiyonda, düz uçtaki akıma kıyasla akımda yalnızca %5 kadar bir azalmaya meydana gelir(69).

Renal pelvisin boşalmasındaki diğer bir önemli faktör mesane ile arasındaki pozitif basınç farkıdır. Mesane basınçlarının yüksek olduğu durumlarda üreter peristaltizmi zayıflamaktadır(72). ÜPB seviyesinde üreter açılma basıncı çocuklarda yapılan basınç-akım çalışmalarında ortalama $12,5 \text{ cmH}_2\text{O}$ ($4-42 \text{ cmH}_2\text{O}$) olarak gösterilmiştir(73). ÜEK kullanılsa bile bunlar genellikle proksimal üretere konumlandırıldığından renal pelvis ve ÜEK arasında

ÜPB, bir valf mekanizması gibi işlev görür(66). Buna paralel olarak obstrüksiyon olmayan bir üreterde 15 ml/sn akımda üreterin iki ucundaki basınç farkı 15 cmH₂O olarak bildirilmiştir(66).

Poiseuille yasasına göre bir borunun içerisindeki sıvının akışı iki uç arasındaki basınç farkı, borunun çapı ile uzunluğu ve sıvının viskozitesinden etkilenir(69). İn vitro modellerde yapılacak bu hesaplamalar için referans alınan fizyolojik parametreler, 2018'deki bir modelleme çalışmasında UPB çapı 1,3 Ch, uzunluğu 5 mm; üreter uzunluğu ortalama 25 cm, sıvı viskozitesi ise 1 cP olarak kabul edilmiştir(66).

5. Artmış İntrarenal Basıncın Klinik Sonuçları

a. *Pyelovenöz, Pyelosinüzal, Pyelolenfatik, Pyelorenal (Pyelotübüler ve Pyelointerstisyel) Reflü ve Septik Komplikasyonlar*

Artmış intralüminal basıncına bağlı renal pelvis ve kaliks içeriklerinin, PKS sınırlarını aşarak çevre dokulara sızması reflü olarak adlandırılır ve geçişin gerçekleştiği alana göre isimlendirilir. Venöz sisteme doğru olan sızıntı genellikle renal sinüslere doğru olur ve burada komşu venöz yapılara geçer. Bu duruma pyelosinüzal reflü adı verilir. Zaman zaman toplayıcı sistem, komşu bir venöz yapıya doğru direkt de açılabilir (pyelovenöz reflü)(74). Akım toplayıcı tübüllere doğru ise pyelotübüler, böbrek interstisyumu ile buradan da lenfatiklere doğruysa ise pyelointerstisyel ve pyelolenfatik reflüden bahsedilir(6, 74). Reflünün ise en sık minör kalikslerin fornikslerinden kaynaklanıp interlober venöz boşluklara doğru olduğu izlenmiştir(10).

Toplayıcı sistem, lümen içinde artan sıvı miktarına öncelikle hacim artışıyla cevap verir. Hacmin daha fazla arttırılamadığı noktada ise lümen içi basınç artışı meydana gelecektir. Literatürde bu “kompliyans doygunluk basıncı” 21,9-36,5 mmHg olarak bildirilmiş(54), Hinman ve ark. tarafından da 1926 yılında kadavra modelinde pyelovenöz reflünün belirgin olarak 35-40 mmHg (47,58 - 54,38 cmH₂O) basınçlarda gerçekleştiği, 30 mm Hg basınçta da absorpsiyonun başladığı (40,8 cmH₂O) gösterilmişti(10). Bhagavan'ın da ex-vivo insan böbrekleriyle yaptığı çalışmasında 30-50 mmHg basınç seviyelerinde reflü %20 oranında gösterilse de 70 mmHg basıncın üstünde tüm spesimenlerde reflü tespit edilmiştir. Tübüler reflünün ise 70 mmHg'dan önce belirgin olmadığı bildirilmiştir(74). Taş cerrahileri sonrasındaki septik komplikasyonlardan pyelovenöz reflü nedeniyle toplayıcı sistemdeki bakteri veya gram negatif endotoksinlerin kan dolaşımına geçmesi sorumlu tutulmaktadır(42, 75, 76). Toplayıcı sistemin daha fazla genişleyemediği noktada basınç artışının gerçekleşmesi,

tam bu seviyedeki basınçlardan itibaren de toplayıcı sistemden çevre dokulara reflü başlaması yüksek basınca bağlı sepsisin patofizyolojik mekanizmasını net olarak açıklamaktadır.

Sistemik inflamatuvar yanıt sendromu (SIRS) tanımı, 38°C üzeri veya 36 °C altında ateş, 90/dk'nın üzerinde nabız ile dakika soluk sayısının 20'nin üzerinde, kan gazında PaCO₂ 32 mmHg'nın altında olması, tam kan sayımında lökosit sayısının 12.000/mm³ 'ün üzerinde veya 4.000/mm³ 'ün altında olması kriterlerini taşır(77). Sepsis ise enfeksiyon varlığına ek olarak SIRS kriterlerinden ikisinin bulunması olarak tanımlanmıştır. Sepsisin alternatif bir tanımı ise 2016 yılında "Enfeksiyona karşı konağın geliştirdiği kontrolsüz cevaptan kaynaklanan ve hayati tehlike yaratan organ disfonksiyonu" şeklinde yapılmıştır(78). Zhong ve ark. 2015 yılındaki çalışmalarında RIRC sonrasında SIRS insidansı %8,1 olarak bildirilmiştir(11). Yine aynı yazar başka bir çalışmada, PNL yapılan hastalarda da artmış İRB'nin septik komplikasyonlarla ilişkisini göstermiştir(79). Yakın tarihli bir derleme makalesinde ise RIRC sonrası sepsis riski %0,5-11,1; septik şok insidansı ise %0,3-4,6 olarak raporlanmıştır.(80). Corrales ve ark.'nın bu makalesinde taş boyutu ile uzamış operasyon süresi, diyabetes mellitus varlığı, 30 günden daha önce yerleştirilmiş üreteral stent varlığı, yüksek basınçta irrigasyon sıvısı kullanımı ve kadın cinsiyet RIRC sonrası enfeksiyöz komplikasyonlar için bağımsız risk faktörleri olarak bildirilmiştir. Diğer bir sistematik derleme ve meta-analizde ise ürosepsis riski %5 olarak saptanmışken ürosepsis için risk faktörleri ise diyabetes mellitus, iskemik kalp hastalığı, ileri yaş ve pre-operatif pozitif idrar kültürü ile üreteral stent mevcudiyetine ek olarak uzamış operasyon süresi olarak saptanmıştır(81). İki yıl içerisinde yayınlanan üçüncü bir derleme makalesinde ise RIRC sonrası enfektif komplikasyon oranı %7,1 olarak bildirilmiştir(82).

Hinman'ın kadavra çalışmalarının haricinde Donkervoort, in vivo domuz modelinde 60-80 mmHg seviyelerinde tübüler reflüyü göstermiştir(64). Benzer biçimde Kottooran ve ark. da in vivo domuz modelinde pyelovenöz reflünün 55-75 mmHg seviyelerinde gerçekleştiğini saptamışlardır(83). Thomsen'in çalışmalarında da pyelovenöz ve pyelosinüzal reflü gelişen değerler sırasıyla 30-45 mmHg olarak bildirilmiştir(5). Thomsen'in domuz çalışmalarında ayrıca reflünün en sık üst pol kalislerinden kaynaklandığı saptanmıştır(84). Cybulski ve ark. da 271,9 cmH₂O basınçta geçen her bir dakika için, 1 mL irrigasyon sıvısının absorbe edildiğini saptamışlardır(85). Sternberg ve ark. da sıçanlarda yaptıkları çalışmalarında da 10 ila 30 mmHg seviyelerinde dahi reflü göstermişlerdir. Aynı zamanda 30 mmHg seviyesinde, 10 mmHg basınca göre reflü miktarı daha yüksek, son olarak da reflünün aynı basınç miktarında

hidronefrotik böbreklerde normal böbreklere göre daha yüksek miktarlarda gerçekleştiğini gözlemlemiştirlerdir (86).

b. Toplayıcı Sistem Rüptürü ve Ekstravazasyon

Pelvikalisiyel sistemde artan basınç, öncelikle sıvının çevre dokulara sızmasıyla tolere edilmeye çalışılır. Bu sızıntılar bir önceki bölümde de bahsedildiği gibi aslında mikroskobik düzeydeki rüptürlerden kaynaklanır(74). Eğer basınç artışı devam ederse toplayıcı sistemin yüzey gerilimi bu artışı karşılayamayıp desteğin en az olduğu alanlardan makroskopik yırtılmalar meydana gelmesi kaçınılmaz olacaktır. Üreter kalküllerine bağlı obstrüksiyonlarda peristaltik dalgaların yarattığı basınç artışlarıyla bile spontan toplayıcı sistem rüptürleri gelişebilir(87). En sık rüptür gelişen alanlar ise alt ve üst kaliks gruplarıdır(88). Parenkim rüptürünün ex-vivo domuz modelinde 300 mmHg irrigasyon basıncının üzerinde ve genellikle 350 mmHg basınçlar kullanılıp İRB'nin 439 mmHg seviyesine ulaştığında gerçekleştiği gösterilmiştir(68). Subkapsüler ekstravazasyona yol açan rüptürlerin ise tavşan modelinde lümen içi basınç 65 mmHg (50-78) seviyesine ulaştığında gerçekleştiği bildirilmiştir(88).

c. Histopatolojik Değişiklikler ve Fonksiyon Kaybı

Artan intralüminal basınca bağlı toplayıcı sistemde rüptür gerçekleşmese bile yüksek basınca maruz kalan fornikslerde çıplak gözle dahi farkedilebilen bir “ezilme” hali, papillalarda da küntleşme saptanabilir(64, 74). Obstrüktif üropati gelişmiş hastaların otopsi veya nefrektomi materyalleri incelendiğinde de medullada, renal piramitler ve Bertini kolonları arasında ışınal uzanım gösteren hemoraji alanları saptanmıştır(74). Renal tübüllerden venöz yapılara doğru gelişen rüptür ile Tamm-Horsfall proteini ekstravazasyonu inflamatuvar reaksiyonlara sebep olur(74). İnterlobar ve hilar venlere kadar gelişen ekstravazasyon sonucu bu yapılarda trombüs ve tromboflebit görünümü de saptanabilir. Schwalb ve ark.'nın domuz modelinde yaptığı çalışmasında akut olarak yüksek basınca maruz kalan kaliks ürotelyumda düzleşme ve denüstasyon, tübüllerde ise vaküolizasyon ve dejenerasyon ile glomerüllerde hemoraji geliştiği gösterilmiştir(68). Denüstasyonun reepitelize olarak spontan iyileştiği, ek olarak yüksek basınca maruziyetten bir ay sonra kaliks epitelinde kolumnar metaplazi, subepitelyal alanlarda boşluklar oluştuğu ve kaliks çevresinde vaskülit saptandığı bildirilmiştir. Yine bu çalışmada 45 dk'ın üzerinde 200 cmH₂O basınca maruziyetten bir ay sonra yapılan histopatolojik incelemelerde renal inflamasyon, interstisyel fibrozis ve fokal skarlaşmaların olduğu, düşük basınç kullanılan böbreklerde ise bu bulguların olmadığı da saptanmıştır(68). Başka yazarlar da bu çalışmalara paralel olarak tübüllerdeki epitel ayrışmasını yüksek basınca maruz kalan domuz

böbreklerinde göstermişlerdir(89). Pürülan enfeksiyon varlığında ise böbrek basınç karşısında hasarlanmaya daha yatkın hale gelmektedir(90). Cao ve ark.'nın tavşan modelinde yaptıkları çalışmalarında da ağır obstrüksiyon olan böbreklerde İRB 81,6 cm H₂O'nun üzerine çıktığında akut böbrek hasarı geliştiği, obstrüksiyon olmayan böbreklerde hasarlanma olmadığı, parsiyel obstrüksiyon olan böbreklerde ise ancak İRB 136 cm H₂O'nun üzerine çıkarsa hasarlanmanın gerçekleştiği gösterilmiştir(91). Ancak 120 hastalık retrospektif bir seride RİRC sonrası hastaların yalnızca %16,7'sinde renal fonksiyon kaybı görülmüştür(92)



III. GEREÇ VE YÖNTEMLER

A. Hasta Popülasyonu ve Cerrahi Teknik ve İşlem Basamakları

İstanbul Tıp Fakültesi Üroloji Anabilim Dalı bünyesinde, Aralık 2022 – Temmuz 2023 döneminde en büyük çapı 20 mm'ye kadar olan veya böbrek alt pol kalikslerinde konumlanmış en büyük çapı 10 mm veya üstünde olan renal kalküllere yönelik işlem yapılacak 18 yaş ve üzeri hastalar çalışmaya dahil edildi. Tüm hastalarda, hasta tercihi de sebebiyle tek seansta taşsızlık sağlanması amaçlanmış olup supin PNL ile f-URS'nin birlikte kullanıldığı endoskopik kombine intrarenal cerrahi (ECIRS) hazırlığı yapıldı.

Aydınlatılmış onam sonrası çalışma için gönüllü olmayı kabul eden hastalarda klinik içi profilaksi protokolü takip edilerek antibiyotik profilaksisi uygulandı, sistoskopi eşliğinde bir adet güvenlik teli ilgili böbreğin üreterinden yerleştirilip, ikinci bir kılavuz tel üzerinden de f-URS ile renal pelvise dek çıkıldı. İkinci kılavuz tel akabinde çıkarılıp ve çalışma kanalı boş bırakıldı. Hiçbir hastada üreteral erişim kılıfı (ÜEK) kullanılmamış olup pyelografi çekimi, f-URS üzerinden kontrast madde verilerek gerçekleştirildi. f-URS'nin direk görüşü ve floroskopi kılavuzluğunda kalkülün olduğu lokalizasyona en rahat ulaşılabilecek yerden Chiba iğnesi (Plasti-med Medikal, İstanbul Türkiye) (18G, 20 cm) ile perkütan giriş yapıldı.

Perkütan giriş sonrası trakt dilate edilmeden basınç transdüserleri bağlandı. İşlemlerde f-URS ile toplayıcı sistemin evalüasyonunun ardından ve litotripsiye f-URS üzerinden Ho-YAG lazer ile başlandı. Yeterli etkinlikte fragmantasyon olması halinde operasyonlara RIRC şeklinde devam edidi. Fragmantasyon için uygun vizüalizasyon veya fleksiyon sağlanamaması durumunda ise yapılan kısa süreli ölçüm sonrası perkütan traktı dilate edilerek nefroskop ile yapılan perkütan litotripsiye takiben fragmanlar bu trakttan vücut dışına alındı.

Hastalarda f-URS ile yeterli etkinlikte fragmantasyon olması halinde operasyon süresi ve/veya perioperatif İRB seviyeleri de göz önünde bulundurularak 45 dakika sonunda perkütan litotripsi ve fragmanların toplanmasına geçildi. Tüm hastalara işlem sonunda pigtail kateter yerleştirildi, perkütan traktı ise primer suture edilerek kapatıldı.

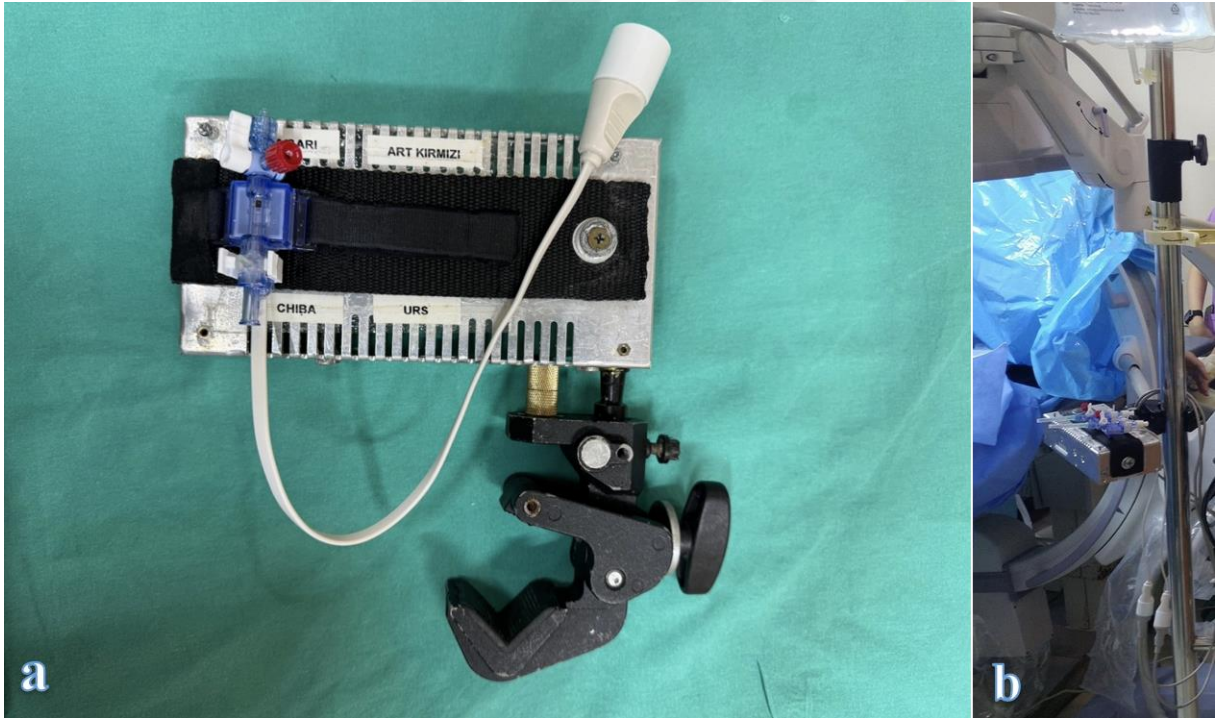
Tüm hastalarda yeniden kullanılabilir fiberoptik Flex X2s (Karl Storz, Tuttingen, Almanya -7,5 Ch dış çap, 3,6 Ch çalışma kanalı çapı, 67 cm çalışma kanalı uzunluğu) veya tek kullanımlık dijital RP-U-C12 (Redpine, Guangzhou, Çin – 8,7 Ch dış çap, 3,6 Ch çalışma kanalı çapı, 67 cm çalışma kanalı uzunluğu) ureterorenoskoplardan biri kullanıldı.

Gönüllülerin Çalışmaya Dahil Edilmeme Kriterleri

- Böbrek fonksiyon bozukluğu (kreatinin $>1,4$ mg/dL)
- Obstrükte renal kaliks
- Geçirilmiş renal cerrahi
- Ekstrarenal pelvis varyasyonu
- Bilinen üreter darlığı
- Kesin olarak PNL yapılması planlanacak >30 mm çaplı taşı olan hastalar
- Perkütan giriş sonrası kontrast ekstravazasyonu olan hastalar

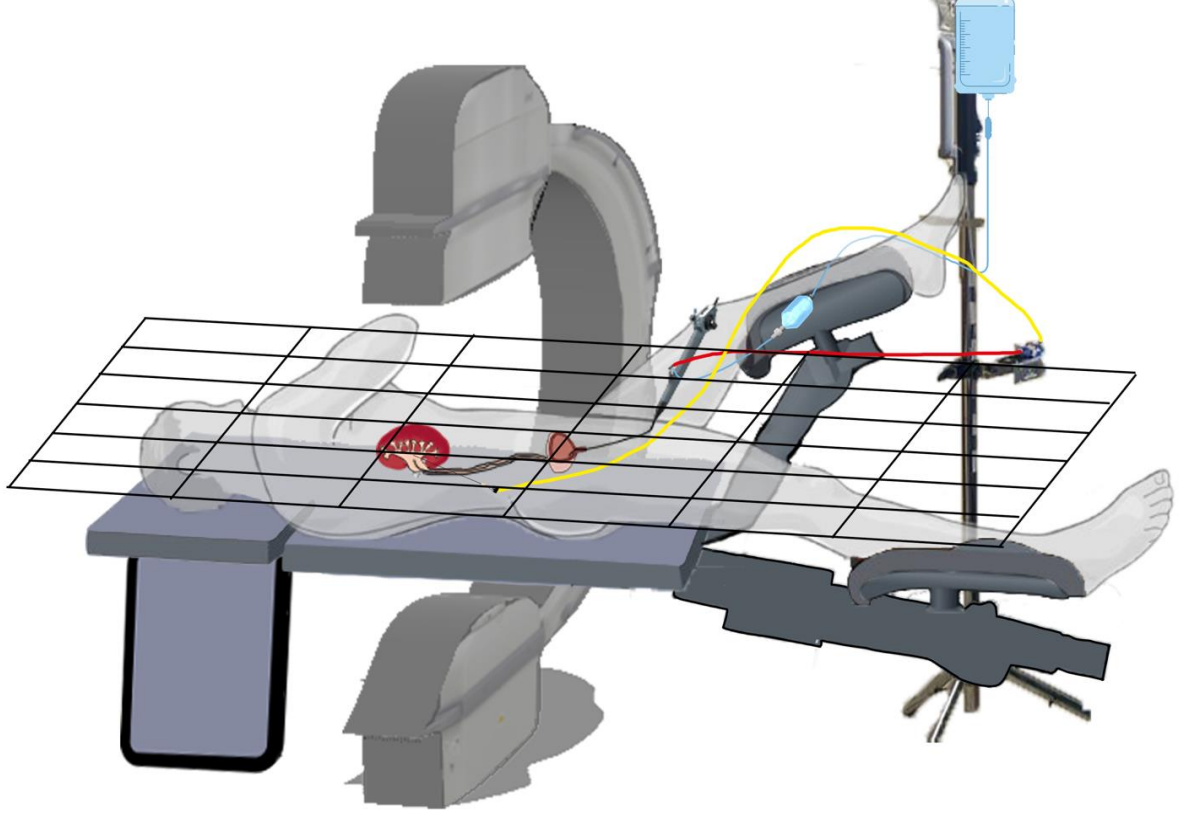
B. Ölçüm İçin Ekipmanlar ve Kurulumu

Hastalar supin PNL için Galdakao-modifiye Valdivia pozisyonuna alındı ve böbrek seviyesinden 100 cm yüksekliğe irrigasyonu sıvısı yerleştirildi. İrrigasyon sıvısını tutan askının üzerine özel yapılan bir aparat ile 2 adet steril, tek kullanımlık invaziv kan basıncı transdüseri (Okuman Medikal, Ankara, Türkiye) böbrek ile aynı seviyedeki yüksekliğe yerleştirildi. (Şekil 1)



Şekil-1. Transdüserlerin sabitlenmesi

a) Transdüserlerden birinin montaj aparatına yerleştirilmiş görüntüsü b) İrrigasyon askısına montaj aparatının yerleştirilmiş görüntüsü



Şekil-2. Transdüserlerin bağlantılarının yapıldığı noktalar.

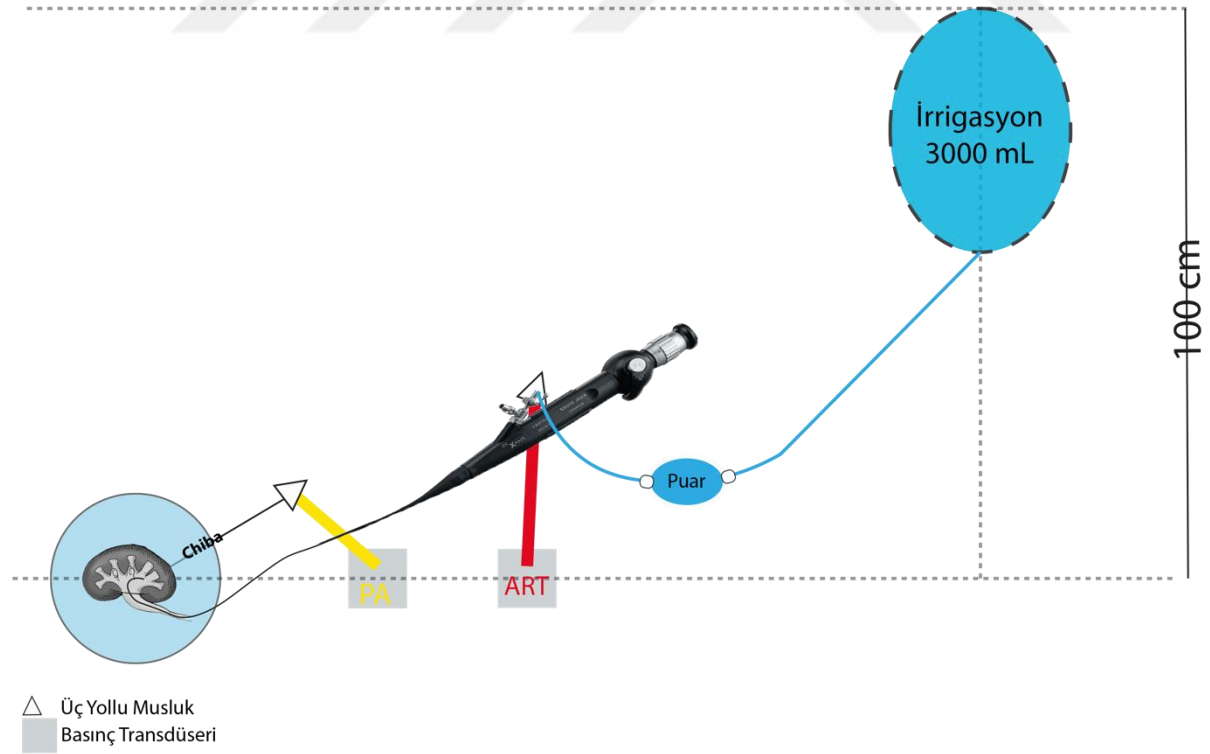
(Izgara şeklinde çizilen hayali plan yerden aynı yükseklikte bulunan böbrek ve transdüserlerin seviyelerini göstermektedir. Kırmızı hat, f-URS üzerinden ART transdüserine ulaşan sıvı kolonunu; Sarı hat, Chiba iğnesinden PA transdüserine ulaşan sıvı kolonunu temsil etmektedir.)

İki transdüserden biri, f-URS'nin çalışma kanalı girişine yerleştirilen 3 yollu musluğun lateralde kalan ucuna eklendi. Üç yollu musluğun ön ve arka Luer uçlarından da irrigasyon sıvısının çalışma kanalına akışı sağlandı. Diğer basınç transdüseri ise toplayıcı sisteme yerleştirilen Chiba iğnesinin mandreni çıkarıldıktan sonra kalan Luer adaptörlü ucuna bağlandı. Her iki tarafta da sistem tamamen steril serum fizyolojik ile doldurulup ve hava kabarcığı kalmaması sağlandı. Takiben transdüser üzerinden musluklar çevrilerek sistem atmosfer havasında sıfırlandı.

Hasta başı monitörü (Mindray Umec12, Shenzhen, Çin), belirli bir zaman aralığında ölçtüğü basınç verilerinin ortalamasını göstererek kullanıcıya bir basınç değeri göstermektedir. Sistemdeki basınçta oluşan ani değişimlerin daha hızlı saptanabilmesi için cihazın "sensitivite" seçeneği "yüksek" (Her bir saniyede bir, geçen bir saniye boyunca olan ölçümlerin ortalaması göstermek üzere) olarak ayarlandı. Ölçüm aralığı için basınç alt ve üst değerleri de -50 ve +350 mmHg, basınç dalgasının hareket hızı da 25 mm/sn olarak en hızlı ayara getirildi. Daha hızlı

bir basınç dalgası hızı, monitörde gösterilen basınç/zaman grafiğinde daha fazla ayrıntı görülmesini sağlamaktadır(93).

Transdüserlerin Edwards konnektörlü uçları hasta başı monitörüne bağlanırken veri etiketlerinde standardizasyonun sağlanması için tüm gönüllülerde URS üzerinden alınan ölçüm ART hattına (kırmızı), Chiba iğnesinden alınan ölçüm ise PA hattına (sarı) bağlandı. (Şekil 2-3) Hasta başı monitörü, arter basıncı modunda olduğu için iki hat için de ayrı ayrı sistolik, diyastolik ve ortalama basınç değerlerini göstermektedir. İrrigasyon hattında yerçekimi ile akış gerçekleşeceği için dışarıdan bir müdahale olmadığında pulsatil bir akım değil, sabit bir akım oluşmaktadır. Monitör, pulsatil bir akım saptamadığında ölçüm yapmaya devam etmesine rağmen ekranında sistolik ve diyastolik basınç değerlerini "--/--" olarak göstermekte, o anki basıncı ise ekranda sadece ortalama basınç değeri olarak vermektedir. İstatistiksel değerlendirmede yalancı bir veri kaybı veri kaybı olmaması için bu süreler boyunca sistolik ve diastolik basınç değerleri de, ortalama basınç değerleri ile aynı değer olarak not edildi. Ölçüm süresince veriler video formatında hasta başı monitörünün VGA görüntü çıkışından video kayıt cihazına (Blackmagic Design Micro Recorder 3G, Melbourne, Avustralya) aktarılmıştır. Veriler daha sonrasında videolardan saniye bazında Excel tablosuna geçirilmiştir.

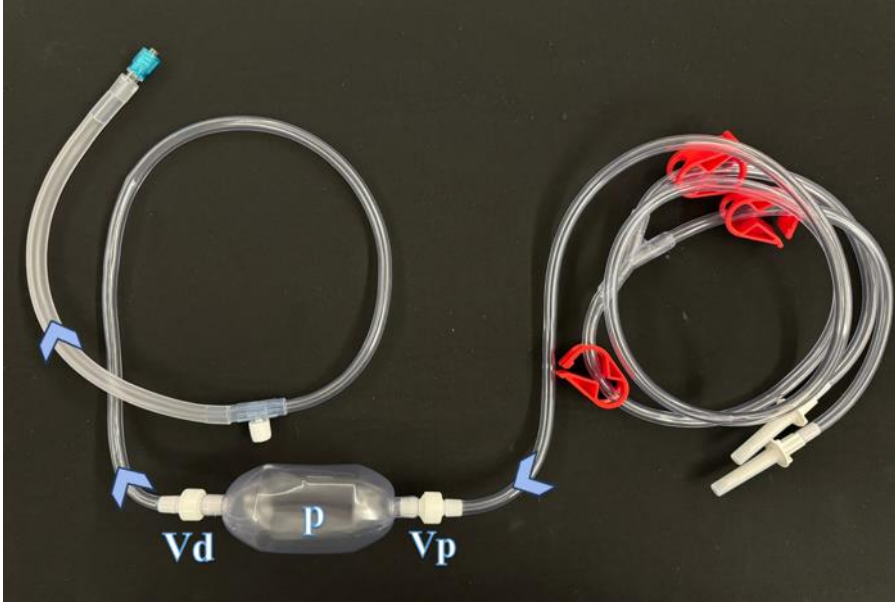


Şekil-3. Basınç transdüserlerinin bağlantıları ve konumları

C. Dolaylı Ölçüm İçin Kullanılan İrrigasyon Methodu

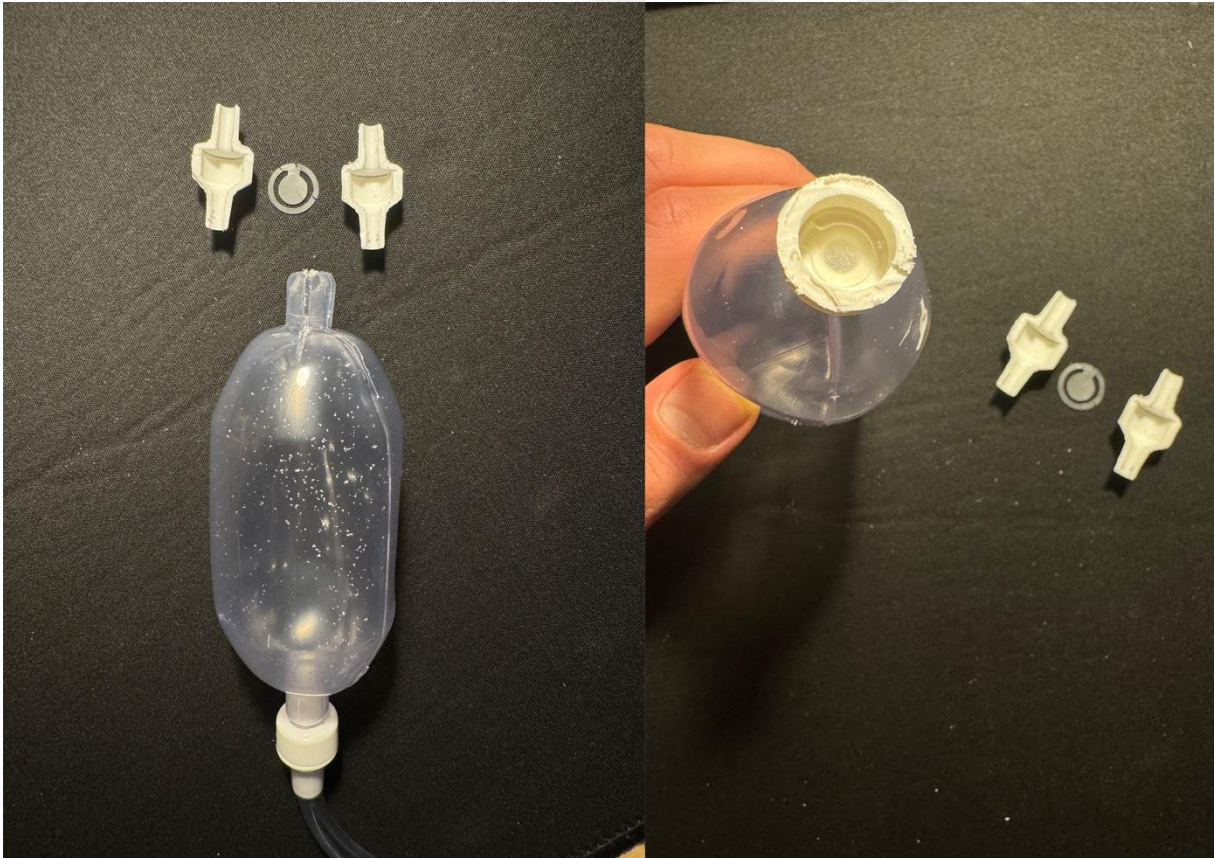
Cerrahi esnasında asistan, ilk etapta gerçek zamanlı ölçümlere kör kalmış ve alışageldiği gibi manüel pompa ile zorlu irrigasyonu yapmıştır. Basıncın çok yükseldiği durumlarda monitörü sürekli olarak izleyen bir yazar uyarıda bulunmuş ve pompa kullanımını azaltılmıştır. Daha sonraki vakalarda uygun altyapı oluşturulup gerçek zamanlı ölçümlerin puarı kullanan asistan tarafından da izlenebilmesini sağlamıştır.

İrrigasyon seti (Y-TUR Seti (Puarlı) Plasti-med Medikal, İstanbul, Türkiye) (Şekil 4), 220 cm uzunluğa ve manüel basınç yapılabilmesi için bir puara sahiptir. Bu puar akışın sadece hastaya doğru olmasını sağlayan, geri akışı engelleyen 2 adet tek yönlü valf mekanizması barındırır (Şekil 5). Hipotezimize göre, zorlu manüel irrigasyonu yapıldıktan sonra pompa yeniden izotonik serum ile dolması için tamamen serbest bırakıldığında puarın her iki ucunda bulunan mevcut valf mekanizmaları sayesinde f-URS tarafından puara doğru geri sıvı akışı olmayacaktır. Puarın tamamen serbest bırakılması, yerçekimi etkisiyle 100 cmH₂O basınçtaki 3000 mL'lik izotonik serum torbalarından gelen sıvıyla puar tekrar dolana dek, puar düzeyinde anlık bir düşük basınç ortamı oluşturacaktır. Aynı esnada da puarın çıkışındaki valfin kapalı olması sayesinde valften sonraki segment kısa bir süre için; irrigasyonu hattı, üreterorenoskopun çalışma kanalı ve böbrek toplayıcı sisteminden oluşan kapalı bir sıvı kolonları grubu grubu haline gelecektir. Kapalı kaplarda sıvı basıncı, aynı yükseklikteki noktalarda aynı olacağı; f-URS'nin çalışma kanalı girişinden üç yollu musluk ile bağlı olan basınç transdüseri de böbrek ile aynı seviyeye yerleştirildiği için böbrek içi basınçla aynı olacaktır. Puarın distal valfi, puar içi basınç kendinden sonraki sistemin basıncıyla eşitlenene dek kapalı kalacak, valf açılıp akış başladıktan sonra ise (zorlu irrigasyon yapılmadığı durumlarda) irrigasyonu sıvısının stabil giden akıştaki basınç değerlerini gösterecektir. (Şekil 6) Bu yöntemden yazının geri kalanında “**puar bırak tekniği**” (PBT) olarak bahsedilecektir.

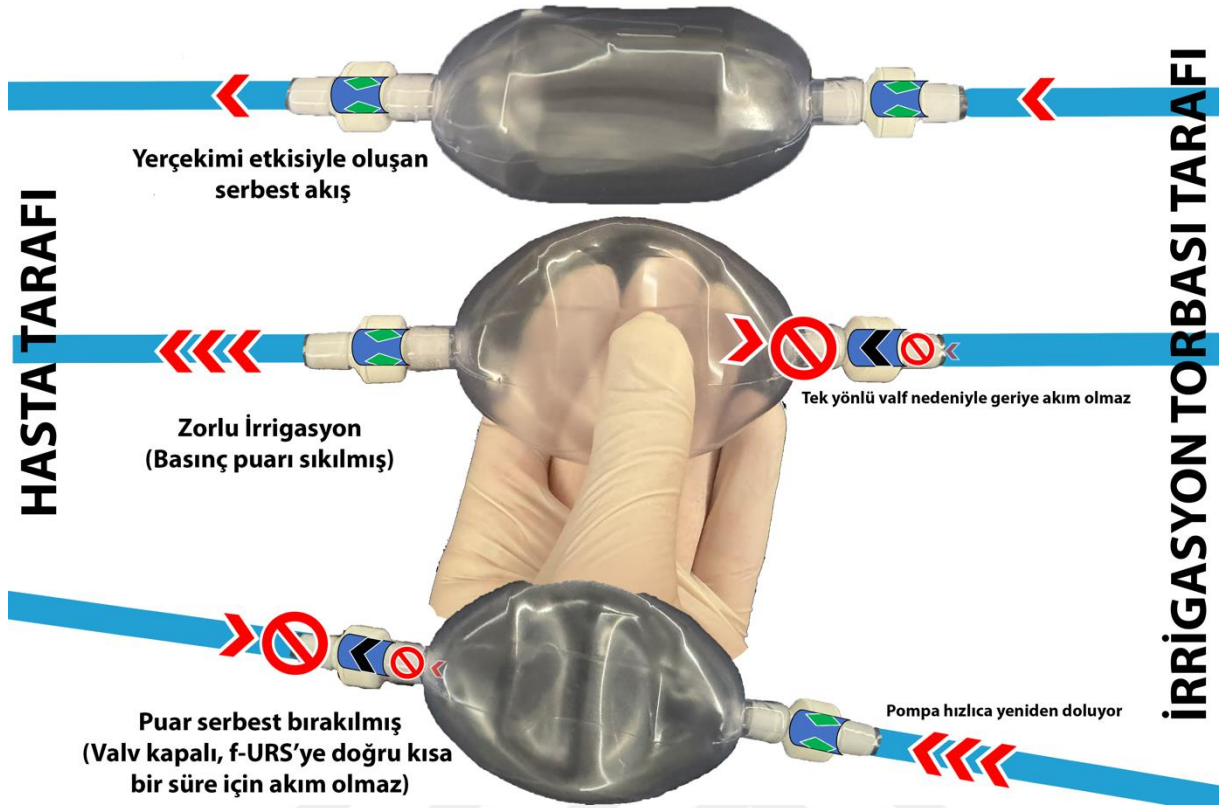


Şekil-4. Basınçlı (Puarlı) İrrigasyon/TUR seti.

(p: Basınç oluşturmak için kullanılan puar, Vp: Puarın proksimalindeki valf, Vd: Puarın distalindeki valf. Ok, irrigasyonun akış yönünü göstermektedir.)



Şekil-5. Puarda bulunan valflerin transvers ve sagittal kesitleri



Şekil-6. Puar Bırak Tekniğinin valflerdeki çalışma prensibi

D. Ölçüm Sonuçlarının İşlenmesi ve İstatistik

Nihai değerlendirmeye dahil edilen tüm hastaların işlem esnasında uygun dönemlerde alınan saniye bazlı basınç ölçümlerinin tümü, her hastanın verisi zamansal olarak kendi içlerinde bütünlüğü korunmak şartıyla diğer bir hastadan sonra olmak üzere arka arkaya eklenerek tek bir veri tabanı haline getirilmiştir. Python (Python Yazılım Vakfı, Oregon, ABD) yazılım dili kullanarak açık kaynak kodlu bir ortamda, prototip bir görüntü işleme yazılımı oluşturulmuş, video dosyası halinde kaydedilen basınç değerlerinin görüntüden otomatize biçimde. xlsx Microsoft Excel dosyası (Microsoft, California, ABD) haline getirilmesi sağlanmıştır. Hasta başı monitörü tarafından yansıtılan değerlerden yola çıkılarak “irrigasyon sistolik (İrS - P_{İrS})”, “irrigasyonu diastolik (İrD - P_{İrD})”, “irrigasyonu ortalama (İrO - P_{İrO})”, “Chiba sistolik (ChS - P_{ChS})”, “Chiba diyastolik (ChD - P_{ChD})” ve “Chiba ortalama (ChO - P_{ChO})” basınç değerleri farklı kolonlar halinde kaydedilmiştir. Prototip yazılımın kaydettiği değerler, tekrardan tek tek doğrulukları açısından kontrol edilmiştir.

Çalışmanın birincil sonlanım noktası; İrS ile ChS, ChD, ChO; İrD ile ChS, ChD, ChO; İrO ile ChS, ChD ve ChO basınç değerlerinde saptanan maksimum basınçlar arasında bir korelasyon olup olmadığının değerlendirilmesidir. İkincil sonlanım noktası, sürekli yapılan basınç ölçümlerinde iki farklı noktadaki değer arasındaki korelasyonda zamansallığın çıktılarını ortaya koymaktır. Bunun için hipotezimizde öne sürülen puar bırak tekniği ile manüel irrigasyonu yapıldığı anlar veri tabanı dosyası üzerinde teker teker işaretlendi. Birkaç saniyelik interval içerisinde irrigasyon hattının en düşük basınç düzeyi (İrD) ile, İRB'ı gösteren referans test olarak kabul edilen ChS değerlerinin anlık olarak benzer bir seviyeyi gösterip göstermediğinin belirlenmesi amaçlandı.

Basınç verileri hasta monitöründe izlenen basınç-zaman eğrisinin biçimine göre 3 kategoriye ayrılmıştır. İlk kategori, puar ile manüel pompa yapılmaksızın sadece yerçekimi etkisiyle oluşan sıvı akışı esnasındaki verileri içermektedir. İkinci kategori, puara kısa veya uzun herhangi bir şekilde basılıp, “puar bırak tekniği” uyarınca puar aniden, tamamen bırakıldığında oluşan basınç/zaman eğrisindeki keskin düşüşün izlendiği saniyelere ait verilerden oluşmaktadır. Üçüncü ve son kategori ise yine manüel pompa kullanılan ancak ikinci grupta bahsedilen teknik kullanılmayarak ve çoğunlukla şiddetli basınçla bir kurala bağlı kalmaksızın irrigasyon yapılan dönemlerdeki verileri kapsamaktadır(Şekil 7).

Zamansallığın incelenmesi için Chiba üzerinden okunan basınç değerleri, “puar bırak tekniği” kullanılan saniyelerdeki irrigasyon hattının basınç değerlerinden birer saniye ileri kaydırılarak senkron ölçümler ve 1, 2, 3, 4 ve 5'er saniye sonraki ölçümlerle de 6 farklı defa daha İrS ve İrD için ayrı ayrı ChS basıncı ile korelasyon analizi yapıldı. Öne sürülen teknik ile yapılacak ölçümlerin etkisinin görselleştirilmesi için bu anlar zaman çizelgesi üzerinde işaretlenerek $P_{İrS} - P_{İrD}$ ve P_{ChS} değerleri grafik haline getirildi (Bkz: Ek Şekiller).

Birincil sonlanım noktasına göre %75 korelasyon katsayısı beklentisiyle (Alfa %5, 1-Beta %95) yapılan güç analizinde en az 17 hastanın çalışmaya dahil edilmesi gerektiği saptanmıştır. Korelasyon katsayısı (r) 0 - 0,19 arasında çok düşük, 0,2 – 0,39 arasında düşük, 0,4 – 0,59 arasında orta derecede, 0,6 – 0,79 arasında yüksek derecede, 0,8 ile 1,0 arasındaki değerlerde ise çok yüksek olarak kabul edilmiştir.



Şekil-7. Basınçları değerlendirildiği 3 kategori
 (1: Serbest akış 2: PBT ile zorlu irrigasyon 3: Düzensiz zorlu irrigasyon)



IV. BULGULAR

19 hasta çalışmaya dahil edilmiş, 2 hasta perkütan giriş sonrası kontrast madde ekstravazasyonu izlendiğinden (Gönüllü #3 ve Gönüllü #9) çalışma dışı bırakılarak 17 hastanın irrigasyon hattı ve böbrek içi basınç değerleri eş zamanlı olarak, birer saniye aralıklarla kaydedilmiştir. Hastaların demografik bilgileri ölçüm yapılan sürelerin ve intraoperatif detayları Tablo 2 ve Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo-2. Gönüllülerin demografik bilgileri

Hasta	Cinsiyet 0:K 1:E	Yaş	ESWL Öyküsü 0: Hayır, Seans sayısı	Pre-op DJ Stent?	Hidronefroz Derecesi	Taş sayısı	En büyük taşın AP çapı	En büyük taşın kraniokaudal çapı	En büyük taşın transvers çapı	Taş lokalizasy onu	Ortalama Hounsfield Ünitesi	En büyük çapa göre toplam taş yükü (mm)
#1	1	28	0	Hayır	1	3	14,4	16,5	14,6	p	1205	24,5
#2	0	45	0	Hayır	1	3	7,1	12	15,6	p	657	18
#3	Ekstravazasyon nedeniyle çalışma dışı											
#4	1	65	0	Hayır	0	1	11,9	17	6,6	p	1418	17
#5	0	75	0	Hayır	0	1	5,2	10	10,4	Ci	1443	10
#6	0	61	9	Hayır	0	1	20	15	12,1	Ci	1332	20
#7	0	78	0	Evet	2	1	8,9	11,2	7,6	Cm	1113	11,2
#8	1	41	0	Hayır	0	2	9,7	3,6	13,2	p	1266	16,2
#9	Ekstravazasyon nedeniyle çalışma dışı											
#10	0	58	0	Hayır	0	1	10,1	10	5,9	p	782	10,1
#11	0	52	3	Hayır	2	1	20	12	17	Upx	958	20
#12	1	42	0	Hayır	1	7	9,1	19,4	6,8	P	837	32
#13	1	47	M/D	Hayır	0	2	12,5	13	8,8	Cm	1364	17
#14	1	60	4	Hayır	0	1	13,5	15,1	15,5	p	917	15,5
#15	1	58	3	Hayır	0	1	6,8	15,2	13,7	p	1299	15,2
#16	0	51	2	Hayır	0	1	7,9	10	10,7	p	1053	10,7
#17	1	38	3	Hayır	2	2	12,5	9,9	8	p	1096	14,5
#18	1	63	2	Hayır	2	1	15	8,5	6,2	p	1430	15
#19	1	52	0	Hayır	0	2	10	9,5	13	p	1271	23,2

Tablo-3. Ölçümlere ait genel bilgiler ve perioperatif veriler

Hasta	Toplam ölçüm süresi	Toplam veri kayı olan süre	İrrigasyon sıvısının yüksekliği (cm)	URS	Chiba pozisyonu	URS pozisyonu	Ortalama P Chiba Sistolik (mmHg)	Ortalama P Irr Diyastolik (mmHg)	PBT kaç defa kullanıldı?
#1	00:15:23	00:01:06	100	RP-U-C12	Ci	p	48,64	55,53	145
#2	00:21:08	00:00:19	100	RP-U-C12	p	p	44,80	62,16	104
#3	Ekstravazasyon nedeniyle çalışma dışı								
#4	00:13:19	00:00:18	107	RP-U-C12	Ci	Ci	56,23	66,17	40
#5	00:20:20	00:00:03	100	RP-U-C12	Ci	Ci	32,17	61,08	128
#6	00:10:16	00:01:20	100	RP-U-C12	Ci	Ci	43,10	60,03	16
#7	00:39:14	00:00:00	100	RP-U-C12	cm	cm	27,79	42,87	16
#8	00:02:50	00:00:00	100	RP-U-C12	Ci (posterior)	Ci (anterior)	17,06	37,82	43
#9	Ekstravazasyon nedeniyle çalışma dışı								
#10	00:06:58	00:00:21	100	RP-U-C12	p	p	28,35	55,94	29
#11A	00:03:46	00:00:00	110	Flex-X2s	Cm-anterior	p	36,82	59,60	1
#11B	00:09:31	00:00:00	110	Flex-X2s	Cm-anterior	p	38,04	59,37	9
#11C	00:01:32	00:00:00	110	Flex-X2s	Cm-anterior	p	27,44*	59,46	0
#12	00:07:39	00:00:00	100	RP-U-C12	p	Ci-p	41,62	89,04	42
#13	00:13:01	00:00:00	100	Flex-X2s	p	p	17,46	63,22	67
#14	00:13:52	00:00:00	100	Flex-X2s	p	p	23,70	56,52	59
#15A	00:04:05	00:00:00	100	Flex-X2s	p	p	17,72	42,39	53
#15B	00:08:42	00:00:00	100	Flex-X2s	p	p	15,24	45,27	103
#16	00:06:35	00:00:01	100	Flex-X2s	P	P	33,97	60,50	68
#17	00:11:23	00:00:00	100	Flex-X2s	p	p	28,97	52,63	26
#18	00:10:30	00:00:00	100	Flex-X2s	p	p	41,79	52,91	20
#19A	00:11:10	00:00:11	100	Flex-X2s	p	p	33,84	66,05	108
#19B	00:01:27	00:00:00	100	Flex-X2s	p	p	48,46	62,01	49

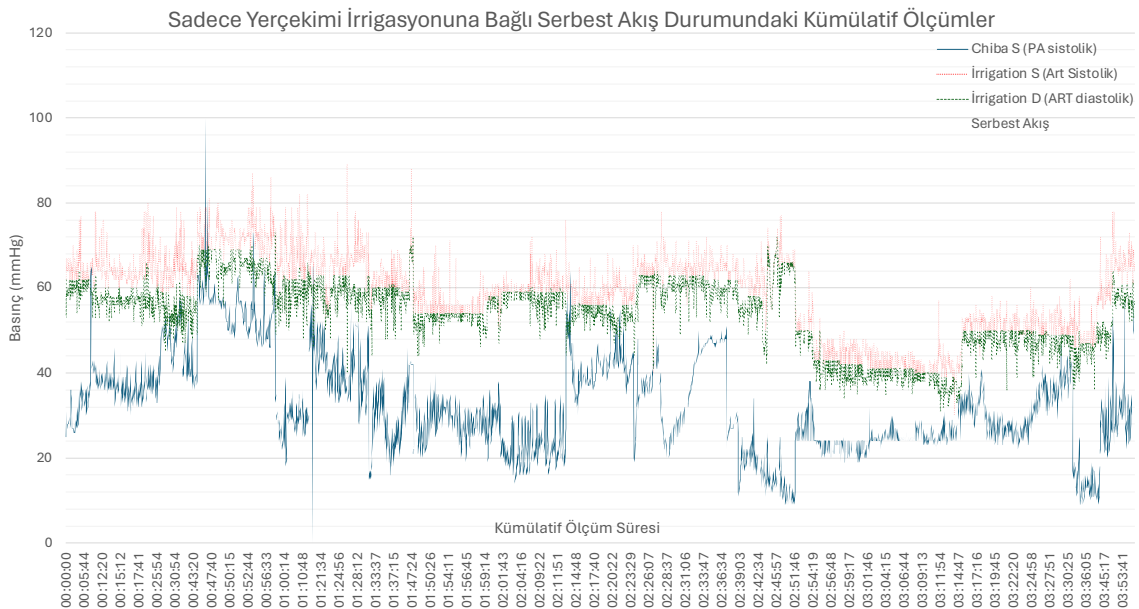
*Tuohy Borst'tan f-URS üzerinde ölçüm süresinin yarısında kaçak mevcut

P: pelvis, Upx: Proksimal üreter, Cs: Superior Kaliks, Cm: Orta Kaliks, Ci: Inferior Kaliks

Bir dakikadan uzun süre ile ölçüme ara verilmesi halinde aynı hastanın basınç ölçümleri farklı bir zaman penceresi olarak A-B-C şeklinde kod verilip ayrıca değerlendirildi. Toplam 21 zaman penceresinde basınç ölçümü yapıldı. Bir dakikanın daha kısa süre ile veri kaybı olması

halinde ise ölçüm bütünlüğü bozulmadan bu süreler kayıp veri olarak belirtildi. On yedi hastanın verileri arka arkaya eklenerek kümülatif tek bir veri sayfası oluşturuldu. Toplam 3 saat 56 dakika 43 saniye ölçüm yapıldı. Her bir satır bir saniyeye denk gelen 14.203 satır ve 6 sütunluk (P_{Irs} , P_{Ird} , P_{Iro} , P_{Chs} , P_{Chd} , P_{Cho}) bir veri sayfası elde edildi. Ölçümlerin farklı noktalarında ise teknik sebeplerle kısa sürelerde toplam 3 dakika 39 saniyelik (%1,54) veri kaybı yaşandı. Kayıplar çıkarıldığında kümülatif olarak toplam 3 saat 53 dakika 04 saniye (13994 saniye) basınç verisi incelendi. Serbest irrigasyon dönemlerini gösteren birinci kategoride toplam 8742 saniye (2 saat 25 dk 42 sn; %62,46), “puar bırak tekniği” kullanılan 2. kategoride ise 1126 saniye (18 dk 46 sn; %8,0) basınç verisi kaydedildi. Standardize olmayan teknik ve basınçta zorlu irrigasyon yapılan 3. kategori ise toplam ölçüm süresinin %29,54’ünü oluşturmaktaydı.

Yerçekimi irrigasyonu yönteminde böbrekten 100 cm yüksekliğe asılan 3000 mL’lik irrigasyon sıvısı, böbrek seviyesinde 73 mmHg’lık bir hidrostatik basınca sahiptir. Tüm gönüllülerin verileri kümülatif değerlendirildiğinde bu hidrostatik basıncın, oluşan akımla birlikte yine böbrek seviyesindeki harici transdüser ile ölçüldüğünde irrigasyon hattında ortalama **56,59 mmHg** (37,82-89,04)’lık bir basınç oluşturduğu saptandı. Ortalama intrarenal basınç ise Chiba iğnesine bağlı transdüser üzerinden **34,14 mmHg** (17,06-56,23) olarak izlendi (Şekil 8).



Şekil-8. Sadece yerçekimi irrigasyonu ile serbest akış dönemlerinde (Kategori 1) ölçülen basınç değerleri

(Puar bırak tekniği (Kategori 2) ve diğer şiddetli manuel irrigasyon (Kategori 3) yapılan dönemler çıkarılmış verilerden oluşturulmuştur)

f-URS'nin çalışma kanalı girişindeki T musluğa bağlanarak böbrek seviyesine yerleştirilen transdüser ile ölçülen irrigasyon hattının maksimum basınçları, Chiba iğnesine bağlanarak yine böbrek seviyesine yerleştirilen transdüser ile ölçülen gerçek İRB değerlerinin maksimumları ile karşılaştırıldığında P_{fD} ile P_{ChS} arasında orta derecede bir korelasyon ($r=0,543$) saptanmıştır (Tablo 4 ve 5).

Tablo-4. Hastalarda kaydedilen en yüksek basınç değerleri (mmHg)

Hasta	Maks P - Chiba S (PA sistolik)	Maks P - Chiba D (PA diyastolik)	Maks P - Chiba O (PA ortalama)	Maks P - İrrigasyon S (Art Sistolik)	Maks P - İrrigasyon D (ART diyastolik)	Maks P - İrrigasyon O (ART ortalama)
#1	61	60	60	350	161	242
#2	176	148	158	355	180	215
#4	100	79	86	350	139	262
#5	48	40	127	270	140	208
#6	82	61	65	360	214	261
#7	54	48	50	350	201	264
#8	20	20	20	241	147	162
#10	46	33	35	276	61	121
#11/1	49	47	47	76	64	64
#11/2	52	49	49	78	63	66
#11/3	31	31	31	70	62	62
#12	47	47	47	313	156	209
#13	70	70	70	417	179	297
#14	38	34	35	360	69	188
#15/1	29	28	28	360	57	202
#15/2	28	24	25	352	96	176
#16	42	41	41	199	68	110
#17	40	32	34	335	68	147
#18	64	43	47	195	57	101
#19*	83	67	72	360	301	350

* 19. hastanın 2. ölçümü çok kısa süreli ve stabil olduğundan maksimum basınç verileri tek bir satırda bildirilmiştir

Tablo-5. Hastalarda ölçülen maksimum basınç değerleri arasındaki korelasyon analizi

Maksimum Basınçların Korelasyonu							
		Chiba S (PA sistolik)	Chiba D (PA diyastolik)	Chiba O (PA ortalama)	İrrigasyon S (Art Sistolik)	İrrigasyon D (ART diyastolik)	İrrigasyon O (ART ortalama)
Chiba S (PA sistolik)	Pearson Correlation	1	.980**	.831**	0,301	.483	0,400
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000	0,197	0,031	0,080
	N	20	20	20	20	20	20
Chiba D (PA diyastolik)	Pearson Correlation	.980**	1	.830**	0,289	.490	0,404
	Sig. (2-tailed)	0,000		0,000	0,217	0,028	0,077
	N	20	20	20	20	20	20
Chiba O (PA ortalama)	Pearson Correlation	.831**	.830**	1	0,246	.462	0,396
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000		0,297	0,040	0,084
	N	20	20	20	20	20	20
İrrigasyon S (Art Sistolik)	Pearson Correlation	0,301	0,289	0,246	1	.543	.850**
	Sig. (2-tailed)	0,197	0,217	0,297		0,013	0,000
	N	20	20	20	20	20	20
İrrigasyon D (ART diyastolik)	Pearson Correlation	.483	.490	.462	.543	1	.858**
	Sig. (2-tailed)	0,031	0,028	0,040	0,013		0,000
	N	20	20	20	20	20	20
İrrigasyon O (ART ortalama)	Pearson Correlation	0,400	0,404	0,396	.850**	.858**	1
	Sig. (2-tailed)	0,080	0,077	0,084	0,000	0,000	
	N	20	20	20	20	20	20

** . Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır (2-yönlü).

* . Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır (2-yönlü).

Serbest akış esnasındaki basınç değerlerini içeren 1. kategori verileri yine kümülatif olarak incelendiğinde irrigasyon basınçları ile Chiba basınçları arasında orta derecede bir korelasyon saptandı (r: 0,502). (Tablo 6)

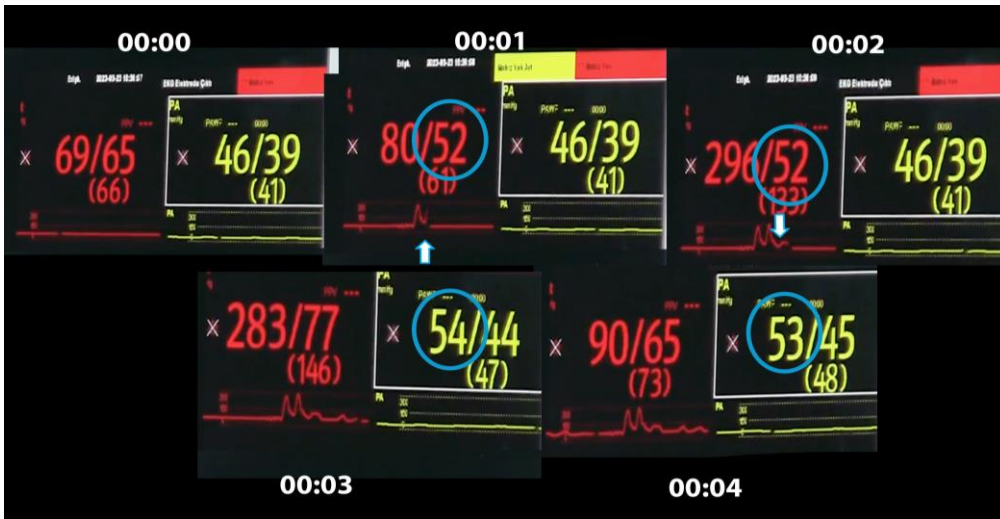
Tablo-6. Kategori 1 (Serbest akışta - Pompa yapılmayan) dönemlerinin, iki farklı transdüserden ölçülen eş zamanlı basınç değerleri arasındaki korelasyon

		Chiba S	Chiba D	Chiba O	Irrigasyon S	Irrigasyon D	Irrigasyon O
Chiba S	Pearson Correlation	1	.929**	.970**	.502**	.417**	.464**
	Sig. (2-tailed)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	8741	8741	8741	8740	8740	8741
Chiba D	Pearson Correlation	.929**	1	.990**	.497**	.432**	.472**
	Sig. (2-tailed)	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
	N	8741	8741	8741	8740	8740	8741
Chiba O	Pearson Correlation	.970**	.990**	1	.506**	.433**	.477**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000
	N	8741	8741	8741	8740	8740	8741
Irrigasyon S	Pearson Correlation	.502**	.497**	.506**	1	.840**	.931**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000
	N	8740	8740	8740	8740	8740	8740
Irrigasyon D	Pearson Correlation	.417**	.432**	.433**	.840**	1	.977**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	N	8740	8740	8740	8740	8740	8740
Irrigasyon O	Pearson Correlation	.464**	.472**	.477**	.931**	.977**	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	N	8741	8741	8741	8740	8740	8741

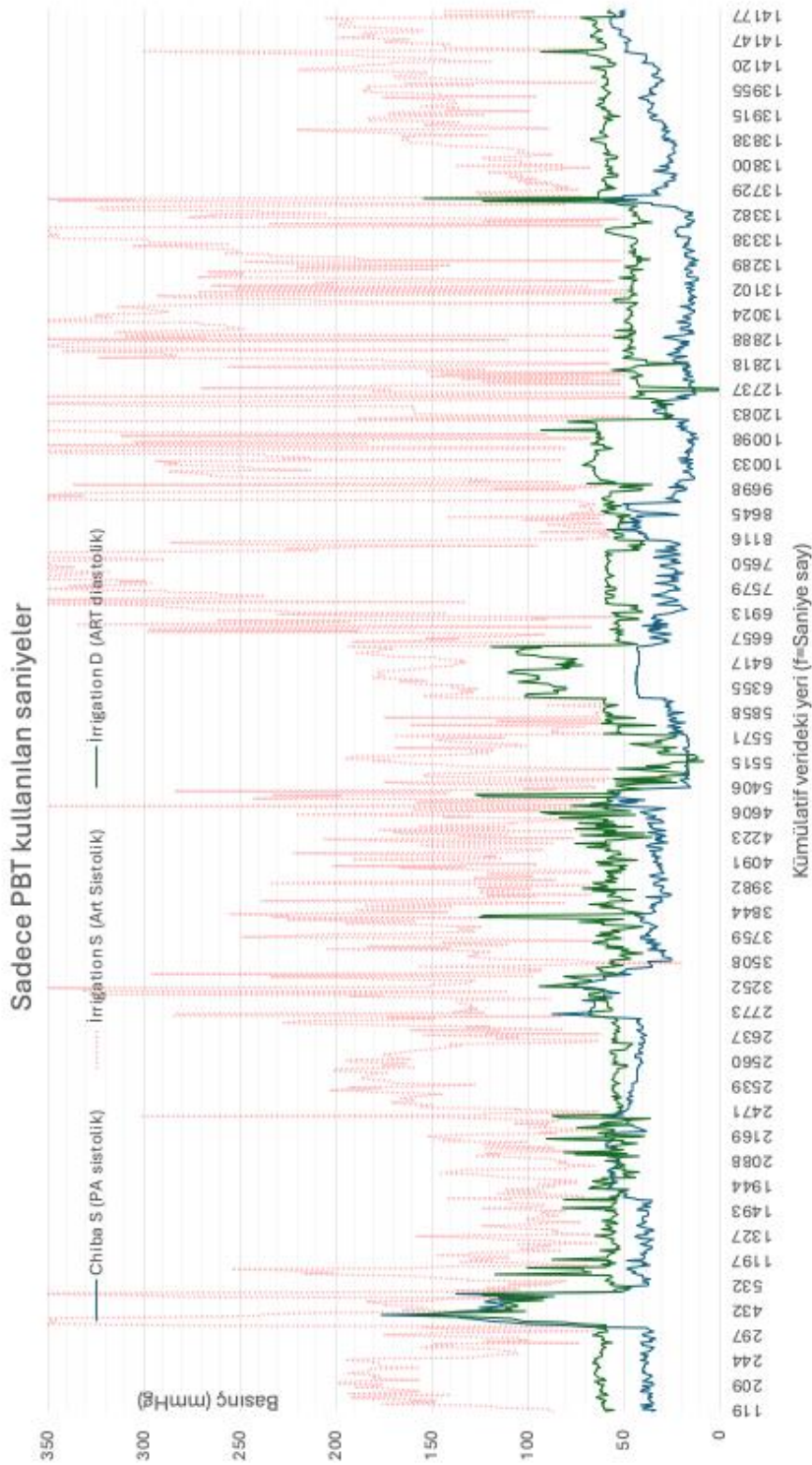
İkincil sonlanım noktası için yapılan korelasyon analizinde irrigasyon hattına bağlı transdüserden okunan diyastolik değerler (P_{ID}) ile Chiba iğnesine bağlı transdüserden okunan eş zamanlı sistolik, diyastolik ve ortalama değerler (P_{ChS} , P_{ChD} ve $P_{ChO(M)}$) arasında yüksek derecede bir korelasyon izlenmiştir (sırasıyla $r = 0,606$; $0,610$; $0,613$) Bu korelasyon analizi eş zamanlı ölçülen değerlere ek olarak; irrigasyon hattından okunan değerler ile bunlardan sırasıyla bir, iki, üç, dört ve beş saniye sonra Chiba'dan ölçülen gerçek İRB değerleri için de yapıldığında bu yüksek düzey korelasyonun 2 saniye boyunca daha kısmen azalarak devam ettiği saptanmıştır. (Tablo 7 ve Şekil 9)

Tablo-7. “Puar Bırak Tekniği” kullandığı dönemlerde Chiba iğnesi üzerinden ölçülen değerler birer saniye ileriye kaydırılarak, tekniğin kullanıldığı saniyedeki irrigasyon basıncı ile yapılan korelasyon analizi sonuçları

Zamansal Kayma Yapılarak Korelasyon Analizi Sonuçları									
		Irrigasyon S	Irrigasyon D	Irrigasyon O	Chiba S	Chiba D	Chiba O		
Irrigasyon S	Pearson Correlation	1	.090**	.903**	-.072 ¹	-.094**	-.087**	Senkron değerler	
	Sig. (2-tailed)		0,003	0,000	0,015	0,002	0,003		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		
Irrigasyon D	Pearson Correlation	.090**	1	.423**	.606**	.610**	.613**		
	Sig. (2-tailed)	0,003		0,000	0,000	0,000	0,000		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		
Irrigasyon S	Pearson Correlation	1	.090**	.903**	-.072 ¹	-.094**	-.087**		1 sn. gecikme
	Sig. (2-tailed)		0,003	0,000	0,015	0,002	0,003		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		
Irrigasyon D	Pearson Correlation	.090**	1	.423**	.606**	.610**	.613**		
	Sig. (2-tailed)	0,003		0,000	0,000	0,000	0,000		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		
Irrigasyon S	Pearson Correlation	1	.090**	.903**	-.063 ¹	-.081**	-.076 ¹	2 sn. gecikme	
	Sig. (2-tailed)		0,003	0,000	0,035	0,006	0,011		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		
Irrigasyon D	Pearson Correlation	.090**	1	.423**	.602**	.608**	.599**		
	Sig. (2-tailed)	0,003		0,000	0,000	0,000	0,000		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		
Irrigasyon S	Pearson Correlation	1	.090**	.903**	-0,058	-.073 ¹	-.068 ¹		3 sn. gecikme
	Sig. (2-tailed)		0,003	0,000	0,051	0,015	0,022		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		
Irrigasyon D	Pearson Correlation	.090**	1	.423**	.599**	.612**	.610**		
	Sig. (2-tailed)	0,003		0,000	0,000	0,000	0,000		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		
Irrigasyon S	Pearson Correlation	1	.090**	.903**	-.060 ¹	-.072 ¹	-.069 ¹	4 sn. gecikme	
	Sig. (2-tailed)		0,003	0,000	0,043	0,016	0,020		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		
Irrigasyon D	Pearson Correlation	.090**	1	.423**	.591**	.602**	.593**		
	Sig. (2-tailed)	0,003		0,000	0,000	0,000	0,000		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		
Irrigasyon S	Pearson Correlation	1	.090**	.903**	-.060 ¹	-.071 ¹	-.069 ¹		5 sn. gecikme
	Sig. (2-tailed)		0,003	0,000	0,045	0,017	0,021		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		
Irrigasyon D	Pearson Correlation	.090**	1	.423**	.582**	.596**	.584**		
	Sig. (2-tailed)	0,003		0,000	0,000	0,000	0,000		
	N	1126	1126	1126	1126	1126	1126		



Şekil-9. Puar Bırak Tekniği Uygulandığı An ve Canlı Basınc Zaman Grafiğinin Görünümü (Birinci ve ikinci saniyede uygulanan PBT sonucu ART D(Kırmızı) üzerinde izlenen değerin Chiba S (Sarı) 'ye zaman içinde yansıtması)

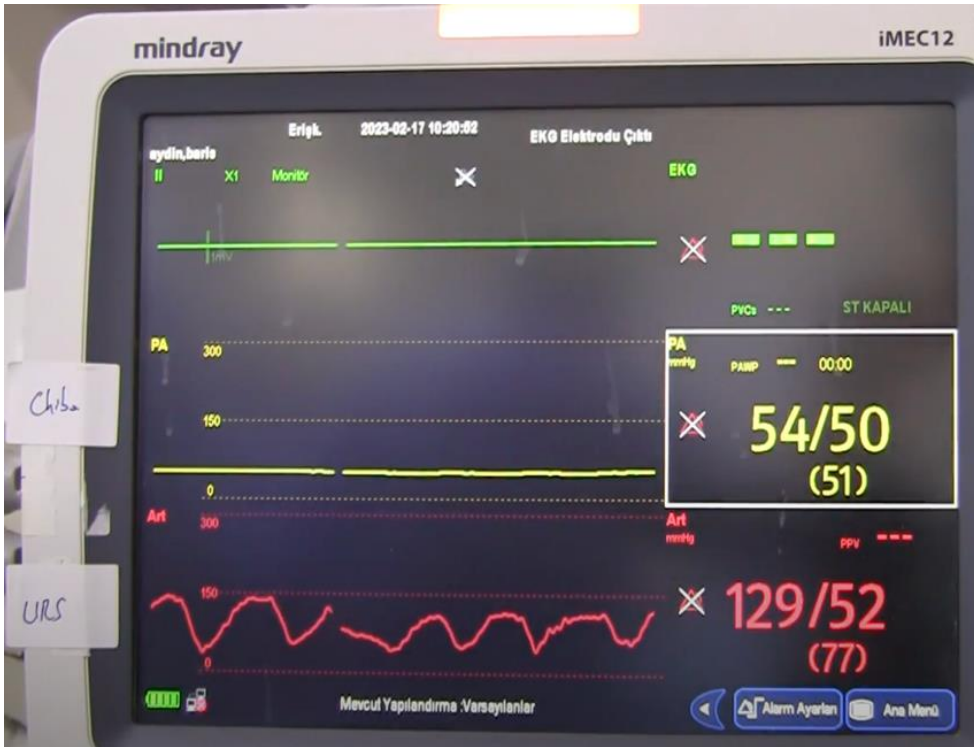


Şekil-10. Puar Bırak Tekniği Uygulanan Anlardaki Eş Zamanlı Ölçülen Basınç Değerleri

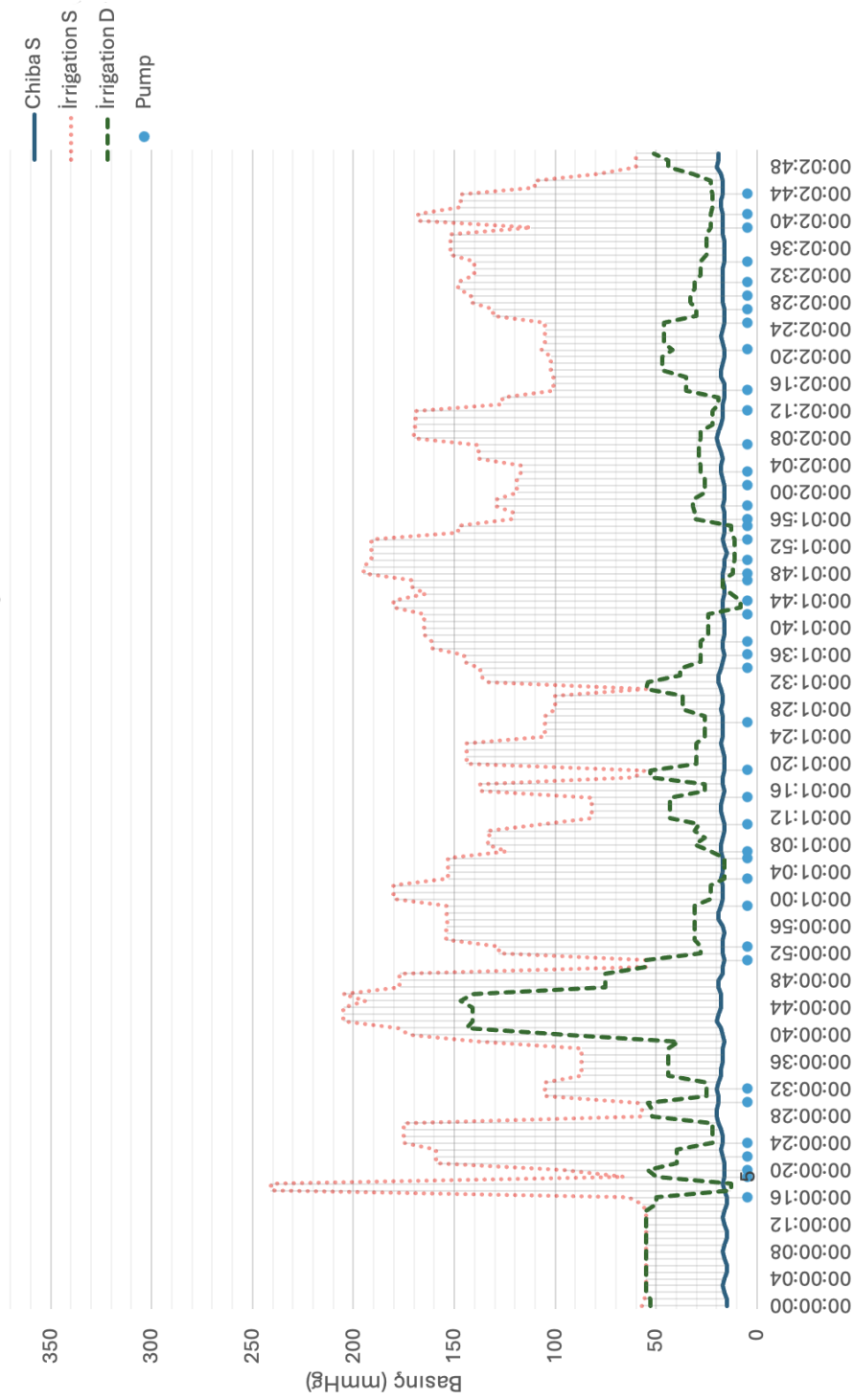
(Yeşil çizginin ani düşüşler ile mavi çizgi ile kesiştiği noktalar PBT ile akışın tamamen durdurulabildiği ve f-URS'nin böbrek içi basıncı direk transdüser ile ilgili saniyelere denk gelmektedir. Kırmızı çizgi irrigasyon hattına bağlı transdüserden okunan "sistolik" değeri göstermekte ve şiddetli pompa yapılması durumunda sıvının daha hızlı çalışma kanalından akması için kullanılan "yürütücü basıncı" temsil etmekte olup böbrek içi basıncı ile doğrusal bir ilişki göstermemektedir.)



Şekil-11. Puar Bırak Tekniğinin uzun süreli basuların sonuna eklenerek kullanımı

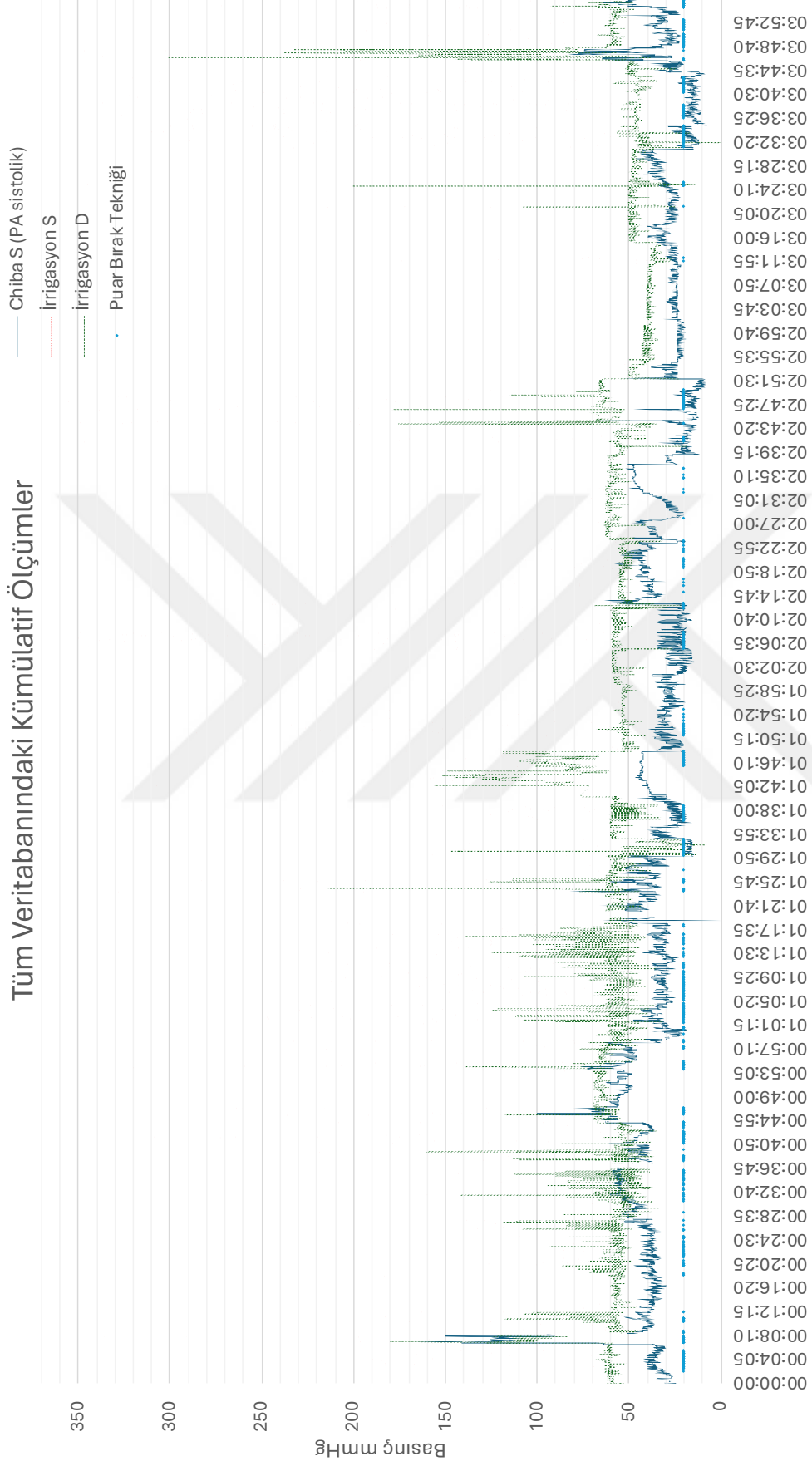


Şekil-12. "Puar Bırak Tekniği" kullanılarak sık aralıklarla yapılan manüel irrigasyon esnasında hasta başı monitörünün görüntüsü



Şekil-13. #8 numaralı hastanın basınç ölçümlerine ait grafik
(Turkuaz noktalar "Puar Bırak Tekniği" uygulanan noktaları göstermektedir)

Tüm Veritabanındaki Kümülatif Ölçümler



Şekil-14. PBT noktaları ile birlikte tüm ölçümler

V. TARTIŞMA

Çalışmamızda öne sürülen f-URS üzerinden dolaylı yolla İRB ölçümünün, perkütan yolla direk ölçülüp ve gerçek İRB olarak referans alınan değerlerle karşılaştırılması, bu sayede de farklı merkezlerde kolaylıkla uygulanabilecek bir basınç yöntemi tanımlanması amaçlandı. Çalışmamızdaki ölçümler, literatürde bildirilmiş ölçüm yöntemlerinde kanıtlanan mekanizmalar kullanılarak gerçekleştirildi(44, 46, 60, 94). Manüel pompada kullanıcının hissettiği basınçtaki/dirençteki artışın, İRB'deki artış hakkında kullanıcıya bir taktik geri bildirim sağladığı öne sürülmüşse de(95), konu hakkında objektif bir veri mevcut değildi. Endoskopun çalışma kanalı girişindeki irrigasyon sıvısının “yürütücü basıncı” ile İRB arasındaki dinamik ilişkiye dair bir in vivo çalışma ise yoktu(69) ve bugüne dek basınçlı irrigasyonu setlerinin sahip oldukları valf mekanizmasının basınç ölçümündeki rolü bildirilmemişti.

Whitaker testi esnasında sistemdeki basınç, sabit akış değerlerinde nefrostomi kateterine bağlı infüzyon hattının üzerindeki T (3 yollu) musluğa bağlanmış ikinci bir sıvı kolonuyla vücut dışında bulunan basınç transdüserine iletilmektedir. Whitaker'ın tanımına göre intrarenal basınç, “sıvının böbrek içerisine ilerletilmesi için gereken basınç” olduğundan “basınç kontrollü nefrostografi” kurulumunda da RGP esnasında manometrede okunan değerlerin intrarenal basınç olduğu kabul edilmektedir(94). Bizim çalışmamızda da Whitaker'ın konseptine benzer biçimde böbrek içerisine yapılan infüzyon (irrigasyon), f-URS içerisinden yapılmış; çalışma kanalının en proksimal kısmından alınan ikinci bir basınç hattıyla da basınç transdüserine ulaştırılmıştır. Chiba iğnesi burada Whitaker testinde veya Wilson ve ark. ile Auge ve ark. çalışmalarındaki nefrostomi (46, 47, 94); f-URS'nin kendisi ise literatürde diğer çalışmalarda retrograd yerleştirilmiş üreter kateterleri (5, 39, 41, 79) gibi işlev görmektedir. URS'lerin çalışma kanalının da anlık olarak bir kateter gibi çalışması konsepti, Cai ve ark. 2012 yılındaki çalışmasında (44) irrigasyon hattındaki akış kesildiğinde renal pelvis-semirijit-URS-basınç transdüseri boyunca oluşan kesintisiz statik sıvı kolonunun basıncının vücut dışında böbrek seviyesindeki eksternal transdüserden ölçülebilmesiyle gösterilmişti. f-URS'nin de aynı şekilde basınç ölçümü için kullanılabilceğini de Alsyouf ve ark. PNL esnasında f-URS'yi renal pelviste bırakıp çalışma kanalına manometre bağlayarak bildirmişti(45). Ancak Cai ve ark. taşı üreterde fragmante ettikten ve tüm operasyon bittikten sonra renal pelvise çıkararak sadece tek bir defa ölçüm yapabilmişlerdir. Alsyouf ve ark. ise f-URS'un çalışma kanalını irrigasyon için kullanmayıp sadece bir kateter gibi işlev görmesinden faydalanmışlardır. Bizim çalışmamızda ise uygun şartlarda “puar bırak tekniği” ile anlık olarak sıvı akışı durdurulduğunda, aynı

Alsyouf ve ark.'nın çalışmasında olduğu gibi böbrek içi basınç ölçülebildi ve üstelik Cai ve ark. çalışmasının aksine istenildiğinde bu ölçüm, işlem boyunca pek çok defa tekrarlanabildi (Şekil 13).

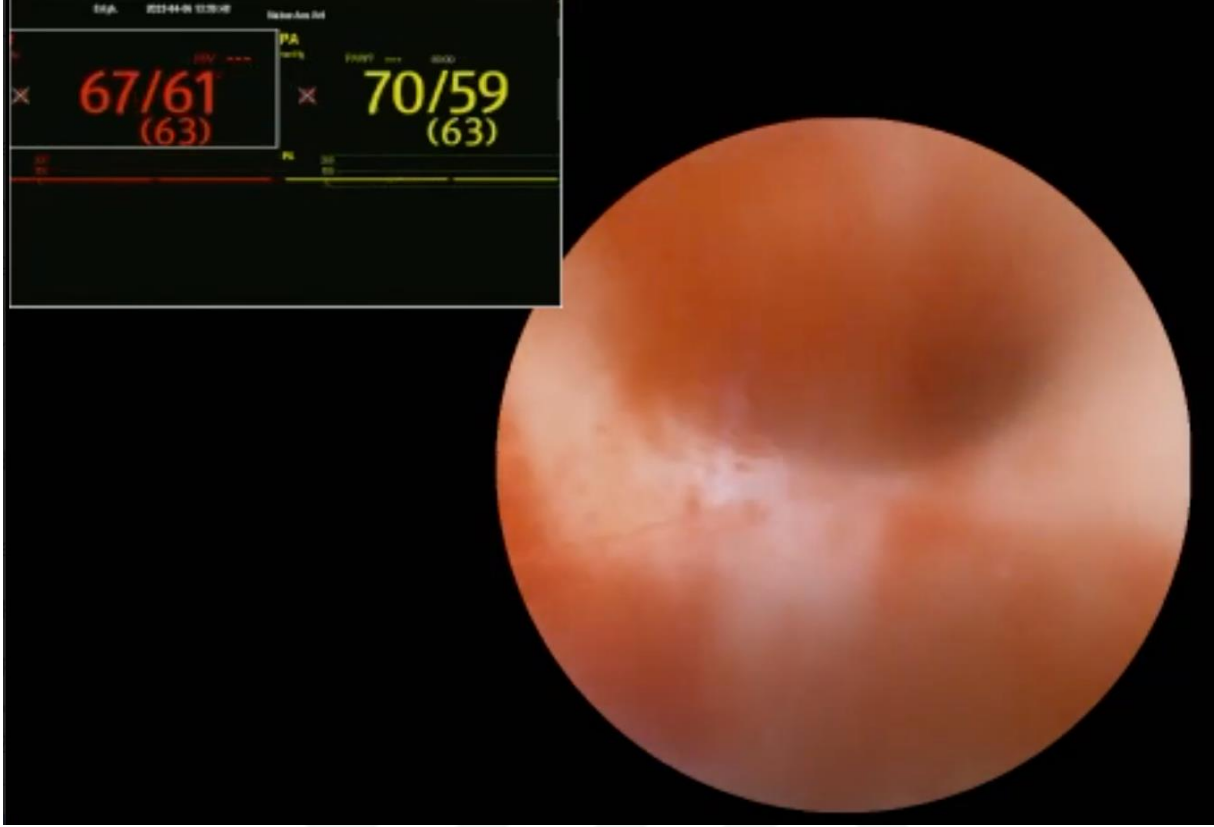
Jung ve ark. tarafından bildirilen(96) basınç ölçümü için böbreğe retrograd olarak yerleştirilecek 4-6 Ch çapta bir kateter, üreterde kaplayacağı yer nedeniyle ÜEK yerleştirilmesini engelleyeceği gibi ince kalibrasyondaki üretere sahip hastalarda f-URS'nin dahi ilerletilmesine izin vermeyebilir. Dahası üreter kateteri tarafından kaplanan bu hacim, basıncın sürekli ölçümü amacıyla dışarıya sıvı çıkışı olmayan kapalı bir sistem için harcanacak ve irrigasyonu sıvısının böbrekten çıkışını sağlamayacaktır. Üstelik kateterin varlığının sıvı çıkışı sağlamayacağı gibi üreterde kapladığı yer nedeniyle çevresinden olacak antegrad akışı da engelleyeceği ve normalde karşılaşılabileceğinden daha yüksek İRB seviyeleri göstereceği düşünülebilir. Tüm bu sebeplerle retrograd kateterlerle basınç ölçümü yaygın kullanım içi pratik ve tekrarlanabilir değildir. Geçen yıllar boyunca da rutin pratiğe girmemiştir.

Doizi ve ark. Pressurewire® kullanarak yapılacak ölçümlerin direk böbrek içerisine yerleştirilebilen bir basınç sensörü kullanıldığında kateter üzerinden yapılacak ölçümlere kıyasla daha doğru sonuçlar elde edileceğini, kateterlerin ölçüm sonuçlarını etkileyebileceğini öne sürmüşlerdir(49). Poiseuille denkleminin irrigasyonu sıvısı için uygulanabilir olduğu daha önce de bildirilmişti(69). Ölçüm yapılan tüpün çapı ve uzunluğu, Poiseuille denklemine göre basınç düşüşünde etkili olmasına rağmen literatürdeki çalışmalarda ve bizim kurulumumuzda irrigasyon hatlarında yerleştirilen 3 yollu musluklar ile basınç transdüserleri arasında akışın olmadığı ve basıncın direk iletildiği kısımlar, tüpün diğer ucuna doğru sıvı akışının olmadığı statik bölgelerdir. Bu alanları, sıvının bir tarafından uygulanan basıncın aynı yükseklikteki sıvı kolonları arasında olduğu gibi iletildiği için Pascal yasasıyla değerlendirmek gerekir. Biz bu doğrulamayı, irrigasyonu hattında akışın kapatılarak Chiba ve URS uç uca iken her iki basınç değerinin de aynı olduğunu göstererek doğruladık. Bu bulgumuza paralel olarak Rattner ve ark. kadın hastalarda 4 Ch çaplı retrograd yerleştirilen üreter kateterleri, Donkervoort ve ark. ise in vivo domuz modelinde pyelostomi gibi yerleştirilip ciltten çıkarılan 12 Ch kateterler ile ölçüm yapmalarına rağmen benzer sonuçlar bulmuşlardır(9, 40).

Lithovue Elite ® ek katetere ihtiyaç duymadan basınç ölçümü sağlarken ancak kendisi de böbrek içerisinde ise İRB'yı göstermektedir. FFR kateterleri ise tüm işlem boyunca böbrek içerisinde sabit durduğundan sürekli İRB değerlerini izleme imkanı verir(50). Basınç artışlarının f-URS böbrek içerisinde iken daha belirgin olduğu bilinse de basınç ölçebilecek

üreterorenoskopların bu “dezavantajının” klinik pratikteki önemi şu an için belirsizdir. Hipotetik olarak, genelde daha büyük çaptaki rigid URS’lerle birlikte üreter taşına yapılan müdahaleler esnasında mesaneye doğru olacak drenajın f-URS’lere göre daha az olması beklenebilir. Bu durumda çıkış direncinin artması böbrek içi basıncın artmasına sebep olacak ancak basınç ölçen URS renal pelvis seviyesinde değil üreter seviyesinde olduğu için böbrek içi basıncı yine göstermeyeceği düşünülebilir. Diğer taraftan ise FFR basınç kateterleri (Pressurewire®, Comet II®, Verrata® vb) ürolojide kullanılan standart hidrofilik kılavuz tellere göre çok daha narin yapıdadır. Bu sebeple bu kateterlerin dış kılıfı olmaksızın, üreteri obstrükte eden bir kalkülün yanından renal pelvise dek ilerletilip kendi başına kullanılması pek mümkün değildir. Son olarak basınç ölçümü sağlayan bu özel f-URS’ler halen Türkiye’de kullanıma sunulmamışlardır. Bu sebeple, İRB’nin tüm endoürolojik işlemlerde ölçümünü sağlayacak ve her durumda kullanılabilir bir çözümü bu tür yeni nesil cihazlar da halen getirememiştir.

Doizi ve ark. iler Sierra ve ark. çalışmasında litotripsinin yapıldığı “tedavi dönemlerinde” IRP ölçümlerindeki kayıtlar sadece, ölçüm 30 saniyelik bir platoya erişildikten sonraki değerleri kapsamaktadır(49, 50). Bu ifade, ölçümden elde edilen verilerin sürekli kaydedilmediğini, işlem esnasında yalnızca belli pencerelerin örneklendiği şeklinde anlaşılmaktadır. Basınç artışına sebep olan şiddetli manüel irrigasyon, zaten litotripsi ile oluşan toz parçacıkları nedeniyle daha çok tedavi periyotlarında kullanılmaktadır. Bu nedenle anlık yüksek basınç seviyelerinin araştırılması, aralıksız sürekli bir basınç ölçümü gerektirmektedir. Bizim çalışmamızda ise irrigasyon ve lümen içi basınçların ilişkisi değerlendirilmek istendi ve saniye bazında kesintisiz kayıt yapıldı. Bu argümanı destekleyen bir bulgu da bizim ölçümlerimizde kompliyansı iyi olan hastalarda şiddetli manüel irrigasyon sonrası 30 saniye içinde İRB’nin belirgin olarak düşüş göstermesiydi. Eğer basınç yüksek seviyelerde kalıyorsa cerrahi ekip ölçüme ara vererek hasta güvenliği için Chiba üzerinden sıvı çıkışıyla birlikte basıncın düşüşünü sağladı. Bu manevra ise 30 saniyeden az bir süre almaktaydı. Tüm bu nedenlere ek olarak puarlı zorlu irrigasyon sistemleri ani basınç piklerine sebep olabildiğinden daha kısa zaman aralıklarını daha sık örnekleyerek basınç takibinin yapılması daha güvenilir ve daha yüksek kalitede veri sağlayacaktır.



Şekil-15. Maksimum distansiyonda yerçekimi irrigasyonu yapılırken İRB ve İrrigasyon basınç değerleri (#6 nolu gönüllüde RGP sonrası ponksiyon yapılmış ve transdüser bağlanmış. Sadece yerçekimi irrigasyonu yapılmakta. Chiba, kadranın dışında saat 5 hizasında)

Doizi ve ark. çalışmasında irrigasyonu yapan asistan eş zamanlı basınç seviyelerine kör bırakılmışken Sierra ve ark. ise asistanın basınç değerlerini anlık olarak takip edebilmesi sayesinde literatürdeki 400 cmH₂O üzerine çıkan İRB değerlerini bu ikinci çalışmada yalnızca çok daha kısa süreler boyunca gözlemlemişlerdir(50). Bu durum ise asistanın basıncın yükseldiğini görmesini takiben hızlıca tepki verip irrigasyon hızını adapte etmesiyle ilişkilendirilmiştir. Bizde de tüm operasyonlar boyunca yazarlardan en az biri basınçları sürekli takip etmekte, öncelikle puarı kullanan asistana geri bildirim vermekte, basıncın yüksek seyretmesi durumunda ise drenaj sağlanmaktaydı. İlk bakışta bu durum bias oluşturuyor gibi algılanabilir. Ancak basınç takibi gelecekte rutin kullanıma girerse basınç düşürücü müdahaleler RİRC rutinde doğal olarak yer alacaktır. Bu nedenle elde ettiğimiz veriler gerçek hayatı yansıtıyor denebilir. Ek olarak, bu çalışmaya zemin hazırlayan ve literatürde mevcut İRB ile septik komplikasyonların ilişkisi üzerine kanıtlara rağmen bu basınç düşürücü müdahalelerin yapılmaması etik olarak kabul edilebilir değildi.

Ölçülen maksimum İRB değerlerine ek olarak septik komplikasyonlar açısından basınç altında geçen zamanın da önemli olduğundan daha önceden bahsetmiştik. Uzayan cerrahi süresi, toplayıcı sistemden dolaşıma sıvı geçişinin miktarına direk etkilidir. Taş yükündeki artış da işlem süresindeki artışla doğrudan ilişkilidir ve işlem süresinin uzaması, zaman geçtikçe irrigasyonu sıvısının giriş ve çıkış miktarları arasında oluşacak farkın kümülatif etkisi ile İRB'nin de artması kaçınılmazdır. Sierra ve ark.'nın çalışmasında dahil edilen hastaların ortanca taş hacmi 864 mm^3 (50-9000) olup işlem süresi de ortanca 149,5 (50-256) dk olarak bildirilmiştir. Ancak bu yazıda RIRC devam ederken zorlu irrigasyon olmaksızın zaman içerisinde oluşan basınçtaki artış miktarı bildirilmemiştir. Çoğunlukla ÜEK kullanılan (14/20) bu çalışmada ÜEK kullanılmayan (6/20) hastalarda ise işlem esnasında beslenme sondası yerleştirilerek mesane drenajı sağlanıp sağlanmadığı da belirsizdir. Bizim çalışmamızda ise tüm hastalarda mesaneye 8 veya 10 Ch beslenme sondası yerleştirildi ve mesane boş tutularak renal pelvis ile arasında drenajın sağlanması için bir basınç farkı oluşturuldu. Aynı zamanda böbrek içi basınç ile birlikte eş zamanlı irrigasyon sıvısının basınç seviyeleri de ölçüldü. Bu iki basıncın zaman içerisindeki değişimlerinin grafiklerle ortaya konulmuş olması çalışmamızın önemli bulgularındandır (Şekil 14). Diğer yandan Sierra ve ark. zorlu irrigasyon ile İRB'nin tüm hastalar için 37,4 mmHg seviyesinden ortanca 61,2 cmH₂O'ya yükseldiği raporlanmıştır ancak tüm hastaların ölçümleri için alt ve üst sınırlar 27,1 – 149,5 cmH₂O (19,85 – 109,13 mmHg) gibi çok geniş bir aralıkta bildirilmiştir. Bizim çalışmamızın sonuçlarına paralel olarak Patel ve ark. da ortalama İRB değerlerini 16,4 - 46,4 mmHg gibi geniş bir aralıkta raporlamışlardır. Ek olarak, üst pol kalikslerinin basınçları, ÜEK varlığında renal pelvis basınçlarından daha yüksek saptanmıştır (19,9 vs 38,7 mmHg). Bu çalışmada teknik olarak bazı problemlerden bahsetmek gerekir. Ölçümler farklı anlarda yapılmış irrigasyonun zamansallığı ile basıncın zaman içindeki artışı hesaba katılmamıştır. Önce hangi kalikte ölçüm yapıldığı ise belirtilmemiştir. Irrigasyon altında geçen zamanın İRB'ye etkisi düşünüldüğünde bu önemli bir kısıtlılıktır. Manüel pompanın tedavi periyodlarında yapılması ve zorlu irrigasyonun intrarenal basınç üzerine etkisi var veya yok şeklinde değerlendirilemeyecek kadar karmaşık bir süreçtir. Bu nedenle bugüne kadar olan çalışmalarda “tanısal RIRC esnasında basınç”, “tedavi periyotlarında basınç” veya “zorlu irrigasyon dönemlerinde ortanca basınç” gibi tanımlar sayısal bir değer vermek dışında herhangi bir etki yaratmamıştır. Doizi ve ark. yayınından sonra FFR kateterleri ve sensör içeren f-URS'ler kullanılarak yapılan çalışmalar sıklaşmış ancak hiçbiri tanımlayıcı olmaktan öteye geçememişlerdir(38, 49, 50, 52, 55). Tüm bu yayınlara ve bildirilen yüksek basınç değerlerine rağmen bugün pyelovenöz reflü gelişen eşik değer için hayvan çalışmalarında ölçülen 30 mmHg ve üzeri değerler kabul edilmektedir. Daha yaygın kullanılacak bir ölçüm yöntemi

veya matematiksel modellemeler sayesinde irrigasyon sıvısı - İRB ilişkisinin gerçek zamanlı takip edilmesi gibi non-invaziv yöntemlere halen ihtiyaç duyulmaktadır.

Post operatif enfeksiyon gelişimi ile operasyon süresinin uzunluğunun ilişkili olduğu daha önce de bildirilmişti(11). Bizim çalışmamızda da antegrad ölçümlerdeki İRB değerlerinde zaman geçtikçe bir artış trendi gözlemledik ancak hasta sayısının azlığı ile irrigasyon akış hızının belirsizliği gibi kısıtlılıklar nedeniyle bu artışın ne zaman başlayacağını öngören bir sonuca ulaşmamız mümkün değildi. Ek olarak puar her sıkıldığında oluşan her bir basınç yükselişinin aynı şekilde böbrek içerisine yansımadığını ortaya çıkardık (Şekil 14). Çalışmanın tanımlayıcı doğası gereği ve çalışmanın tasarladığı dönemde ön görülemeyen değişkenler ortaya çıktığından matematiksel bir denklem oluşturamadık. Daha önceki modellemeler de elimizdeki verilerin değişkenlerinden yer yer farklılık gösterdiği veya gerçek cerrahi ortam ile aynı olmadığından birebir uygulanabilir değillerdi. Daha önceki çalışmaların kanıtları ışığında verilerimizi incelediğimizde, hastalarda maksimum toplayıcı sistem dilatasyonu gerçekleştiğinde İRB ve irrigasyon basıncının arasındaki sayısal farkın kapanma eğiliminde olduğu izlenimini edindik(Şekil 15). Bu dönemlerde yapılan zorlu irrigasyonlar da renal pelvis boşaltıldıktan sonra distansiyon yeniden sağlanana dek geçen süreye kıyasla daha hızlı bir biçimde renal pelvis basıncını yükseltmekteydi. Bu gözlemler literatürdeki hayvan modeli çalışmalarında saptanan toplayıcı sistemdeki iki fazlı basınç-hacim ilişkisinin insanlarda da geçerli olabileceğini ve irrigasyon sıvısının akış miktarının böbrek içerisindeki basıncı tahmin etmek için kullanılan modelleme çalışmalarının sonuçlarını da destekler niteliktedir (62, 69). Hasta sayısının kısıtlı olması ile her hastada aynı uzunlukta sürelerde ve sayısal değerleri belirlenebilen renal pelvis volümleriyle birlikte ölçüm yapılamaması kesin bir sonuca ulaşmamıza engel olmaktadır. Tüm bunlara rağmen daha önce irrigasyon sıvısının basıncındaki anlık değişimlerin böbrek içerisine anlık olarak nasıl yansıdığı in vivo çalışmalarla literatürde gösterilmemişti. Modellerin de ön gördüğü biçimde RİRC esnasındaki intrarenal kompartmanın muhtemelen İRB-PKS hacmi-operasyon süresi ve drenaj kapasitesi açısından farklı dinamiklere sahip farklı dolum fazları mevcuttur. Çalışmamız bu açıdan daha çok tanımlayıcı ve in vitro modelleri valide edici bir karakterde olup elde ettiğimiz verilere dayanılarak gelecekte yapılacak çalışmalarda açık kalan soru işaretleri takip edilip basınç-hacim ilişkileri ve sabit basınçta irrigasyonun İRB üzerine etkisi daha büyük hasta gruplarıyla ve daha uzun sürelerde, daha standardize ölçümlerle incelenebilir.

İrrigasyon sıvılarının yönetimine farklı bir bakış açısı getiren; sürekli basınç ölçümünü ve gereklilik halinde aktif aspirasyonla İRB'nin düşmesini sağlayan ÜEK tasarımı ise 14 Ch çapta

olup üreter kalibrasyonu yeterli olmayabileceği için rutin her hastada kullanımı mümkün değildir. Belirtmek gerekir ki daha büyük çapta ÜEK kullanıldığında oluşabilecek iyatrojenik üreter hasarı riski daha yüksektir. Traxer ve ark. çalışmasında bu oran 12/14 Ch ÜEK için %46,5 olarak bildirilmiştir. Diğer bir problem ise bu özel ÜEK'lerin renal pelvise yerleştirilmeleri gerekliliğidir. Pratikte ÜEK'lerin proksimal üretere, zayıf kas desteğinden ötürü proksimaline geçilmeye çalışılırsa avülsüyon riski taşıyan ÜPB'nin hemen distaline yerleştirilmesi önerilir(97). Renal pelvise yerleştirilme gerekliliği ve görece geniş çapları bu "akıllı" ÜEK'lerin kullanım alanlarını kısıtlamakta ve İRB takibi için yaygın kullanımı açısından bir engel oluşturmaktadır. Ek olarak, patentli bir sistem olması, CE belgesi ve FDA onayı gerekliliği ve muhtemel yüksek maliyeti bu yöntemin yaygınlaşması için aşılması gereken diğer zorluklardır.

Ölçtüğümüz intrarenal basınç değerleri hastadan hastaya ve bazen aynı hastanın operasyonu süresince farklı zamanlarda da kendi içerisinde değişkenlik göstermekteydi. Aynı hasta için olan değişiklikler yukarıda tartışılmış ve renal pelvis dinamiklerinin muhtemel fazik özelliklerinden kaynaklandığı belirtilmişti. Cohan ve ark., pre-op obstrüksiyonu olan ve olmayan hastalar ile operasyon öncesi çift J stent yerleştirilen ve yerleştirilmeyen hastalar arasında bazal İRB değerleri açısından bir fark gözlemlememiştir(52). Sierra ve ark.'nın bazal İRB değerleri de Cohan ve ark. ile benzerdir(50). Cohan'ın çalışmasında ek olarak 9 hastada manüel pompa kullanılmış ve sekizinde ÜEK kullanılmadan ölçüm alınmıştır. Hidronefroz olan ve olmayan hastalar arasında İRB açısından bir fark izlenmemiştir ancak bu hastalarda önceden stentleme yapıp yapılmadığı belirsizdir. Sierra ve ark.'da ise 4 hastada pre-operatif yerleştirilmiş çift J stent mevcuttur ancak bir alt grup analizi yapılmamıştır. Kaç hastada obstrüksiyon olduğuna ilişkin bilgi ise mevcut değildir. Cohan ve ark. çalışmasında hidronefroz varlığında bile bazal İRB'de hastalar arasında fark olmamasına rağmen Cai ve ark.'nın r-URS ile litotripsi sonrası renal pelvis basınçlarını tek seferlik ölçtükleri çalışmalarında obstrüksiyon süresi ile İRB değerlerinin değiştiğini göstermişlerdir. Akut ile kronik obstrüksiyon gruplarıyla diagnostik URS yapılan kontrol gruplarında İRB sırasıyla 74,5 mmHg, 32,5 mmHg ve 10,2 mmHg olarak bildirilmiştir(44). Bizim çalışmamızda 7 hastada (%41,1) hidronefroz mevcuttu ve sadece üreter taşı olan bir hastada pre-operatif çift J stent mevcuttu ancak ölçüm süreleri standart olmadığından ve çalışmanın tanımlayıcı özelliğinden hidronefrozun basınç üzerine etkisi konusunu aydınlatacak yeterli veri mevcut değildi.

Renal infundibulum boyutları da kaliksler ile renal pelvis arasında bir basınç farkı yaratabilir. Patel ve ark. f-URS'nin kaliks boynunu obstrükte etmesi halinde intrakalisyel

basıncın, intrapelvik basınçtan ayrı olarak artabileceğini öne sürmüşlerdir(38). Yine aynı yazarlar PN kateteri gibi bir kateter yerleştirilmesinin böbrek parenkim bütünlüğünü bozacağından ölçümlerin güvenilirliğini sorgulamışlardır. Bizim çalışmamızda RGP ile perkütan giriş sonrası kontrast maddenin perirenal alana ekstrevasiyonunun olmadığı teyit edilerek bu problemin önüne geçilmiştir. Obstrükte kaliks olan hastalar ise çalışmaya dahil edilmemiştir. Yine bu çalışmada, ÜEK kılıfı kullanılmaması halinde kalisiyel ve renal pelvik basınçların daha korele gittiği ve daha yüksek değerlerde seyrettiği raporlanmıştır. Dikkat çekilmesi gereken nokta bu çalışmada grade 3 ve 4 hidronefrozu olan hastalar dahil edilmemiş, 2 farklı boyda ÜEK kullanılmış, bizim çalışmamızda kullanılan seviyelerden de çok daha yüksek irrigasyonu basınçları kullanılmıştır. ÜEK kullanıldığında da irrigasyon basıncı ile İRB arasında bir miktar basınç farkı olduğu Doizi ve ark. çalışmasında da 80 cmH₂O (58,4 mmHg) irrigasyon için ortalama İRB 63 cmH₂O (45 mmHg) (aralık: 57,1-73,4 cmH₂O) olarak bildirilmiştir(49). Diğer yandan Sierra ve ark. ise ÜEK kullanılan veya kullanılmayan hastaların zorlu irrigasyon yapılmayan dönemlerdeki İRB'lerinin benzer olduğunu bildirmişlerdir. Tüm bu çalışmalar özellikle ÜEK, pre-operatif stentleme ve irrigasyon basınçları açısından oldukça heterojendir.

Bizim çalışmamızda da irrigasyon basıncıyla, İRB arasında ortalama 23,66 mmHg'lık (min: 6,89 / max: 47,42 mmHg) bir fark meydana gelmekteydi. Ancak bu değer, zorlu irrigasyon yapılan sürelerdeki yüksek basınçlar ile bazı hastalarda renal pelvisin nihai duvar gerilimine ulaşmadığı dönemleri de kapsamaktadır. Basınçların grafiklerle trend analizi yapıldığında zorlu manüel irrigasyon yapıldığı dönemlerde ise bu basınç farkının kapandığı, manüel basınç bırakıldığında ve sadece yerçekimi irrigasyonu devam ettiğinde ise bir süre sonra bu basınç farkının tekrardan oluştuğunu gözlemledik(Şekil 14). İRB'nin irrigasyon basıncına bağlı olduğu ancak eşit olmadığı daha önce de bildirilmişti(60). Oratis ve ark. modellemeleri, Shao ve ark. ile Rehman ve ark. çalışmalarının basınç değerleri ile simüle edildiğinde, modellemenin gerçek ölçümlerle benzer sonuçlar ön gördüğü bildirilmişti(66). İrrigasyonu hattının oluşturduğu "tüp" içerisinde akan sıvının, tüpün proksimal ve distal uçları arasında Poiseuille denkleminde göre farklı basınç düzeylerinde olması beklenir(60). Bu modellemede ÜEK kullanılmayan durumlar için öne sürülen $P_{IRB}=0,8 \times P_{Irr}$ ilişkisi, bizim çalışmamızda ortalama basınç değerlerine göre bakıldığında 1, 2, 4, 6, 18 ve 19 numaralı gönüllülerde belirgindir ancak örneklem büyüklüğü yeterli olmadığından modelin geçerliliğini hangi parametrelerin sağladığını inceleyen bir analiz yapılmamıştır. Sierra ve ark. ise 40 cmH₂O irrigasyon basıncında ÜEK ve zorlu irrigasyon olmaksızın ortalama İRB'yi 35,2 (21,8-64 cmH₂O) olarak

bildirmişti(50). Bu çalışmada da yukarıda bahsedilen modellemenin ön gördüğüne yakın sonuçlar raporlanmış olsa da hasta sayısı bizim çalışmamız gibi kısıtlı olup, bildirilen güven aralıkları geniştir ve gruplar homojen değildir. Aynı zamanda hastalardaki renal pelvisin irrigasyona fazik cevabı değerlendirmeye dahil edilmemiştir. Son olarak hastalar arasında birkaç mmHg'lık basınç farklarının olması, basınç transdüserleri yerleştirilirken hastanın taş ile ipsilateral flank bölgesi referans alındığında böbrek içerisinde çalışılırken oluşan birkaç cm'lik yükseklik farkından kaynaklanıyor olabilir.

Shu ve ark. da irrigasyon basıncı ile İRB arasındaki farkı oluşturan alanları belirlemek için akış dinamiğini modellerken irrigasyon setinin tüpleri (hortumları), endoskopun çalışma kanalı ve eklemelerin yapıldığı alanlar olarak 3 parça halinde incelemişlerdir. Bu hesaplamada esas kaybın çalışma kanalı ve irrigasyon setinin uçları arasındaki bölümlerde gerçekleşeceği öne sürülmüştür. Çalışma kanalı girişindeki yürütücü basınç böbrek içi ile direk ilişkili olan esas değişkendir ve sıvının asıldığı yüksekliğe göre hesaplanandan daha düşük seviyede izlenmesi, sıvının viskoziteye bağlı basınç kayıplarıyla daha önce açıklanmıştı(69). Bizim sistemimizde irrigasyon setinin f-URS'ye bağlandığı noktadan daha proksimalinin çapı veya uzunluğu gibi özellikleri, irrigasyon basıncı da f-URS'nin çalışma kanalı seviyesinden ölçüldüğü için çalışmamızdaki hiçbir sonuca etkili değildir. Yatayda kat edilen mesafe nedeniyle basınçta bir kayıp olması ihtimali akla gelse de Williams ve ark.'nın çalışmasında endoskopun çalışma kanalının proksimal ve distal uçları aynı yükseklikte tutulduğunda, irrigasyon basıncında viskoziteye bağlı kayıp olmadığı kanıtlanmıştı(69). Bu bulgu, irrigasyon hattından transdüserlere kadar olan yatay eksenindeki mesafede bir basınç kaybı beklenmemesi gerektiği olarak yorumlanabilir. Bizim çalışmamızda da zorlu irrigasyon yapılmadığı durumlarda P_{CHS} ve P_{IFD} arasında saptanan çeşitli derecelerdeki farklar, yukarıda bahsedilen akışkan mekaniğindeki viskoziteye bağlı kayıplar ile irrigasyonun çalışma kanalına girdiği nokta ile renal pelvise endoskopun girişi arasında oluşan minimal yükseklik farkından kaynaklanıyor da olabilir.

Bu kayıpların haricinde Donkervoort ve ark.'nın çalışmalarında domuz modelinde 20-50 mmHg basınç seviyelerinde elde ettiği sonuçlara benzer biçimde basınç-hacim ilişkisinin lineer bir hal aldığı, ve irrigasyonun durdurulduğu anlarda da basıncın %1-20 kadar düşüş gösterdiği topplayıcı sistemin relaksasyonuna bağlı kayıplar da yine P_{CHS} ve P_{IFD} arasındaki farkta rol oynuyor olabilir(62). Ani başlanan daha yüksek akım seviyelerinde, eş zamanlı ölçülen İRP ve proksimal irrigasyon basıncı arasındaki farkın kapanma eğiliminde olduğu kümülatif PBT basınçlarının gösterildiği grafikte izlenebilir (Şekil 10). Bahsedilen bulgular, Marom ve ark.

sonuçlarına paralel olarak toplayıcı sistemin irrigasyona karşı önce bir kompliyans gösterdiği, maksimal hacme ulaşıldıktan sonra ise proksimal irrigasyon basıncı ve dolayısıyla irrigasyon miktarı arttırıldıkça da İRB'deki artışın irrigasyon parametrelerindeki artışla olan lineer ilişkisinin belirginleşmesinden kaynaklanıyor da olabilir(54). Marom'un bulgularında bu lineer ilişkideki eğrinin yatay eksenle yaptığı açığı belirleyen sistemin çıkış direnci olduğu çıkarımı yapılmıştı. Bizim çalışmamızda gerekli alt yapı olmadığı için sıvı çıkış miktarını veya böbrek çıkış direncin ölçmek mümkün değildi. Böbrek çıkış direncinin az olması, ölçüm yaptığımız bazı hastalarda İRB'nin ancak uzun süreli zorlu manüel irrigasyon sonrası yükselmesinin, başka bazı hastalarda ise ara ara Chiba iğnesi üzerindeki ölçümü durdurup drenaj sağlanmasını gerektirecek kadar hızlı yükselip o seviyede kalmasının sebebi olabilir. Örnek olarak #1 numaralı gönüllüde ölçümün 11. dakikasında Chiba'dan drenaj sağlanıp ölçüm tekrar başlatılmıştır. Yeniden ölçüm başladığında P_{ChS} ve P_{fD} arasında yaklaşık 15 mmHg'lık bir fark izlenmiştir. Bir dakikalık irrigasyon sonunda ise P_{ChS} ve P_{fD} yine benzer seviyelere ulaşmışlardır (Ek Şekil 2-1). Benzer bir tablo işlem esnasında dekompresyon yapılan #2 numaralı gönüllüde de saptanmıştır. Bu hastalar zaten $P_{IRB}=0,8 \times P_{Irr}$ ilişkisinin belirgin olduğu gönüllülerden bazılarıdır. Gelecekteki çalışmalarda bu konuların aydınlatılması için PKS hacminin gerçek zamanlı olarak RIRC esnasında ölçülmesi ve her bir basınç değerine karşılık gelen PKS hacminin saptanması, kompliyans hesaplamalarını da kolaylaştırarak yol gösterici olabilir. Sonuçlarımız, geçmişteki modelleme çalışmalarının sonuçlarını kısmen desteklemektedir. Ancak literatürde bugün için insanlarda böbrek kompliyansının sayısal değerleri ve varyasyonlarına ait yüksek kalitede veri mevcut değildir. Sonuç olarak böbreğin ne zaman tam distansiyona ulaşacağı ve basınç ölçümlerinde ne kadar bir süre sonrasında korelasyon derecesinin artacağı kompliyansla birlikte çıkış direncine de bağlıdır. Bu iki değişkenin bilinmezliği, çalışmanın tasarlandığı aşamada operasyon esnasında ölçümlerin ne zaman başlanıp ve ne kadar süreyle yapılacağını hesaplayabilmemizin önündeki engellerdi. Bu sebeple tüm hastalarda standart bir sürede ve tüm hastalar için standart kondisyonlar oluşturarak ölçümler yapamadık. Bu heterojenite nedeniyle bazı hastalarda yalnızca "kompliyant" bir toplayıcı sisteme sahip oldukları izlenimi veren zaman aralıklarını örneklemiş, bu nedenle de düşük basınç seviyeleri saptamış olabiliriz. Kompliyansla birlikte Marom'un hipotezi uyarınca böbrek çıkış direnci de in vivo çalışmalarda objektif olarak ölçülmesi gereken ve gelecek çalışmalarda basınç hacim ilişkilerinde hesaplamalara katılması gereken önemli bir değişkendir.

Bizim kurulumumuzda, relaksasyona bađlı basınca dűşűű izlenen Donkervoort'un çalıřmalarının aksine irrigasyon durdurulmuyor ancak sabit bir yűkseklikte asılı sıvının hidrostatik basıncı ile devam ediyordu. Buna karřın űreterler ise tam obstrűkte deđildi ve mesanenin sűrekli olarak drenajda tutulup renal pelvis ile mesane arasında bir basınca farkı oluřturularak eriřim kılıfı kullanılmayan vakalar için olabilecek en optimal antegrad renal pelvis drenajı sađlanmıřtır. Bu řartlar altında renal pelvise giren sıvı ile f-URS'un çevresinden űreter yoluyla çıkan sıvının birbirine eřitlendiđi bir durumda ancak P_{ChS} ve P_{IRD} arasındaki bu farktan sadece relaksasyon mekanizmalarının sorumlu olduđu űne sűrűlebilir.

Çalıřmamızda lazer kullanılan dűnemlerde hastalar arasında homojenitenin korunması amacıyla çalıřma kanalı içerisinde sadece 272  m lazer fiberleri kullanılmıř, basket ise kullanılmamıřtır. Lazer, f-URS'nin çalıřma kanalını meřgűl ettiđi dűnemlerde  RB ile irrigasyonu basıncı arasındaki lineer iliřkinin zayıfladıđı daha űnceden gűsterilmiřti(60). Ancak bu çalıřmada irrigasyon akımının, çalıřma kanalı içerisindeki lazer fiberine bađlı olarak irregűler hale gelmesine rađmen  RB ve irrigasyonu basıncı arasındaki lineer iliřkinin tam olarak bozulmadıđı da bildirilmiřtir. Çalıřma kanalındaki enstrűmanlar esas olarak akımda azalmaya sebep olmaktadır(69). Yazarlar aynı zamanda bu çalıřmada kullanılan f-URS için iřlem űncesi sabit irrigasyonu hızlarında basınca kaybının sayısal deđerinin belirlemek amacıyla kullanılan ekipmanın "kalibre edilmesini" űnermiřlerdir(60). Sonrasında ise bűbrek fantomunda  EK ile sıvının çıkıřı karřısındaki direnç deđiřtirilerek kullanılarak űlűmler yapılmıřtır. f-URS'nin yűnű veya irrigasyon sıvısının hızının deđiřtirildiđi ilk birkaç saniye sűresince proksimal irrigasyonu basıncının, sistem yeniden stabil bir vaziyete dűnene dek belirgin biçimde arttıđı izlenmiřtir. Yazarlar bu birkaç saniyelik dűnemde bűbrek içi basıncını tam olarak űn gűrememekle birlikte sistem stabil hale dűndűkten sonra ise genellikle bu basınca tahminlerinin gerçek bűbrek içi basınca korele gittiđini tespit etmiř, çalıřma kanalı bořken gerçek  RB ile űn gűrűlen  RB arasındaki ortalama hata 1,22 cmH₂O, 200 mikronluk lazer fiberi kullanıldıđında ise ortalama hata payı 6,68 cmH₂O (4,87 mmHg) olarak bildirilmiřtir.

Bir űnceki paragrafta bahsedilen űlűmler taze domuz bűbređinde yapıldıđında ise fark 6,68 cmH₂O'dan 4,10 cmH₂O'ya gerilemiřtir. Bizim alıřmamızda da proksimalden űlűlen irrigasyonu basıncında, pompa yapıldıktan sonraki ilk birkaç saniyede P_{IRs} 'de ani řiddetli yűkseliřler izlenmiř ve eđer pompa bırakılmayıp kısa aralıklarla basılmaya devam edildiyse P_{IRD} deđerlerinde de benzer bir artıř gerçekleřmiřti. Pompayı oluřturan basınca odasının tamamen bırakılması halinde ise P_{IRD} deđeri bir anda gerçek  RB'ye daha yakın seviyelere

inmekteydi(Şekil 13). Her iki durumda da, Shu ve ark.'nın bulgusuna paralel olarak P_{irs} , zorlu manüel irrigasyon bırakıldıktan birkaç saniye gecikmeli olarak sabit bir seviyeye inmekteydi. Bizim çalışmamız bu yöntemlerin insanda kullanıldığı ilk çalışma ve proksimal irrigasyon basıncının İRB'ye etkisini inceleyen ilk insan çalışmasıdır. Taze domuz dokusunda farkın fantomdaki sonuçlara göre daha az olması ek inceleme gerektirmekle birlikte genel olarak çevre dokunun böbrek kompliyansına etkisinden veya in vivo ve ex vivo çalışmalardaki doku özellikleriyle yapay fantomların benzeşmemesinden kaynaklı olabilir. Çevre dokuların etkisi ve çevre lümenlerin kendi basınçları da böbreğin kompliyansına etkili olabilir(24). Böbreğin vasküler perfüzyonu da intrarenal reflüye karşı koruyucudur. Renal venöz yapılar klemlenerek yapılan çalışmalarda toplayıcı sistemin rüptürlere karşı daha dayanıksız hale geldiği halihazırda hayvan çalışmalarıyla gösterilmişti(88). Ek olarak bizim çalışmamızda hastanın solunum hareketleri ile birlikte sabit irrigasyon hızında İRB'de birkaç mmHg'lık değişimler olduğunu gözlemledik. Son olarak ise intraabdominal basınç ile İRB arasında da lineer bir ilişki olduğu gösterilmiş ve $P_{IRB}=7,303 + 1,985 \times (P_{IAB})$ formülü (cmH₂O cinsinden) öne sürülmüştü(98). Proksimal irrigasyon basıncından İRB tahmini konsepti umut verici görünmektedir ancak daha da standardize koşullarda basınç ölçümlerinin elde edilmesi ve çevre dokular ile çevre kavitelesinin basınçlarının ilişkisi gibi fizyolojik mekanizmaların çözümlenmesi gerekmektedir. Gelecek çalışmalarda çevre dokuların desteğinin ve sertliğinin böbrek içi basınca etkisi değerlendirilebilirse, karmaşık İRB denklemdeki bilinmezlerden birini daha aydınlatılmış olacaktır.

Zorlu manüel irrigasyon ile P_{ID} değerinde okunan basınç anlık olarak daha yüksekken Chiba'dan okunan İRB değerinin sürekli aynı derecede artış göstermemesi, böbrek kompliyansı nedeniyle irrigasyonu hattındaki yüksek değerlerin böbrek içerisinde karşılık bulmadığını göstermektedir. Çalışmamızda kullanılan puar bırak tekniği ile puaara genellikle tek ve daha kısa basılar yapılmış ve sonunda puar aniden bırakılmıştı. Aynı yöntemle zorlu manüel irrigasyon sürekli ve uzun biçimde puar sıkılarak yapıлып sadece en son sıkım sonrasında puar tamamen bırakılırsa da sistemin basıncının düştüğü nokta yine böbrek içi basıncı gösterecektir. Öne sürdüğümüz yöntemle basınç ölçümü, tüm işlem boyunca Doizi ve ark.'nın kullandığı yöntem (49) gibi basınç grafiği ve değerlerini vermemekle birlikte pyelovenöz reflü ile septik komplikasyonlar açısından önemli olan pik basınç değerleri ve işlem süresi uzadıkça artan bazal basınç değerleridir. Septik komplikasyonlara yatkınlık oluşturan sadece İRB değerlerindeki artış değil, aynı zamanda reflü gelişecek eşik basınç değerlerin üzerinde geçirilen kümülatif zamandır(79). Şiddetli manuel irrigasyonlar sonrasında veya sabit akış dönemlerinde belli

zaman aralıklarıyla yapılacak basınç örneklemeleri sayesinde tüm operasyon boyunca basınç verisi elde edilebilir. Zaten Doizi ve Sierra'nın çalışmalarında da tedavi periyotlarındaki İRB, 30 saniyelik platoya erişildikten sonra kaydedilmiştir. Şiddetli manüel irrigasyon, uzun süreli yüksek basınçlar şeklinde de, kısa kısa basınçlar şeklinde de yapılırsa bile puar, dolum anında akışı kesecek şekilde tamamen serbest bırakılabilirse puarın valf mekanizması anlık olarak böbrek içi basıncın harici transdüser ile görülmesini sağlayabilir. (Şekil 11 ve 12) Biz PBT'nin uygulanabilir olduğunu bu tekniği uyguladığımız noktaları grafiklerde işaretleyip bu anlardaki P_{ID} 'de ölçülen basıncın aniden P_{CHS} düzeyine düştüğünü göstererek ve korelasyon derecesinin bu alt grup analizinde yükseldiğini göstererek kanıtladık(Şekil 13).

Literatürde bahsedilen tüm böbrek içi basınç çalışmalarında ortak olan ana mesaj, maliyet etkin veya herhangi bir merkezde kolaylıkla tekrarlanabilir, özel bir malzeme gerektirmeyen, zaten yüksek olan sarf malzeme maliyetlerini dramatik biçimde arttırmadan böbrek içi basınç monitörizasyonu sağlayacak bir yöntemin olmayışıdır. Çalışmamız pilot proje olarak tasarlandığı için ölçümlerimizde temini zor, kendisi de narin olan intralüminal basınç sensörü yerine PKS'ye yerleştirilen bir kateter üzerinden ölçüm yaparak İRB için referans değer olarak alınan Chiba üzerindeki ölçümlerin daha güvenilir olmasını amaçladık. Ek olarak literatürdeki ölçümlerde kullanılan lümen silikon benzeri daha elastik materyel temelli kateterlerdi. Biz ise Chiba iğnesinin metal, basınç karşısında daha mukavemetli olması sayesinde referans İRB ölçümlerinin standart olmasını sağladık. Öne sürdüğümüz yöntem, Shu ve ark. yöntemi gibi proksimal irrigasyonu basıncını ölçerek non-invaziv bir biçimde böbrek içi basıncı ön görmeyi değil, cerrahinin doğal akışında olabilecek anlık akış kesintilerini kullanarak gerçekten iç basıncı dışarıdan ölçmeyi sağlamaktadır. Üstelik bu ölçüm, Shu ve ark. tarafından üretilen özel bir çift yönlü irrigasyonu mekanizması, FFR kateterleri, basınç ölçen ÜEK veya basınç ölçen sensörlü f-URS gibi özel bir malzemeye ihtiyaç duymadan yapılmaktadır. Lümen içi sensörler daha az invaziv olmalarına rağmen FFR kateterleri çok ince yapıları kendileriyle birlikte ikinci bir güvenlik telinin daha kullanılmasını gerektirebilmektedir. Patel ve ark. bu problemi yine başka bir özel ekipman olan çift çalışma kanallı Wolf marka tek kullanımlık bir f-URS kullanarak aşmak istemişlerdir. Maliyetlerin yüksekliği bu yöntemlerin yaygınlaşması önündeki en büyük engel olup, Verrata® için hasta başı maliyet 900 \$ olarak bildirilmiştir(38). Biz ise Türkiye'de Mayıs 2020'de Abbot firmasının distribütöründen Pressurewire® için hasta başı sarf malzeme olarak 1500 TL + %8 KDV şeklinde bir fiyat teklifi almıştık. PBT, örnekleme sayısının kullanıcıya bağlı olması ve tekniğin standardize edilmesi gerekliliği nedeniyle duyarlılığı invaziv sensörler kadar yüksek olmasa da düşük maliyet ile basınç verisi elde etmek

için yaygın kullanılacak bir alternatif olabilir. Basınç verisi ne kadar çok merkezden sağlanırsa, gelecekteki çalışmalarda da RİRC endikasyonlarının genişletilmesine o kadar katkı sağlayacaktır. Sosyal güvenlik kapsamında geri ödemesi olmaksızın yukarıda sayılan FFR kateterleri gibi diğer tek kullanımlık cihazların rutin kullanıma girmesi pek mümkün görünmemektedir.

Çalışmamızın bir kısıtlılığı erişim kılıfı kullanmadığımız tek bir renal üniteden ne kadar sıvı drene olduğunu hesaplamak mümkün değildi. Ek olarak, 8 Ch beslenme sondası yerleştirilerek sürekli drenajda tutulan mesanenin drenaj miktarı ile mesane basınçlarını da takip edecek altyapı mevcut değildi. Bu nedenle irrigasyonu sıvısının girdi-çıkıtı hesabı yapılamamıştır. Çalışma dizaynından ötürü hastalarda perkütan giriş öncesi kontrast madde verilerek pyelografi de yapıldığı için bazal İRB değerlerini ölçmek de mümkün olmamıştır. Benzer bir kısıtlılık Caghan ve ark. çalışmasında da mevcuttur ve yaklaşık 30 hastada bazal İRB değerleri ölçülemedi. Lazerin çalışma kanalında ilerletildiği dönemlerde de çalışma kanalının Tuohy-Borst adaptörü açılmasına ve irrigasyonu sıvısının dışarı akışından ötürü ölçümler yer yer daha az korelasyon göstermektedir. Bu alanlar ölçüm sonuçlarını etkilemiş olabilir. Ancak geri kaçışlar esnasında basınç ölçümleri, cerrahi süresince meydana gelebilecek olağan bir durumu yansıtacağından bu dönemler bilinçli olarak veriden çıkarılmamıştır. RGP ve perkütan giriş sonrası 2 hasta Chiba traktından ekstravazasyon şüphesiyle çalışma dışı bırakılmıştı. Çalışmamızda bir hasta ise post operatif enfektif komplikasyonlarla karşılaştı. Enfektif komplikasyon gelişen hastanın (Gönüllü #08) İRB seviyelerinin tüm kohorttaki en düşük seviyeye sahip olması dikkate değerdir. Geriye dönük incelendiğinde bu hastanın RGP sonrasında ekstravazasyonu olmadığı ancak alt pol girişi yapılan hastada RGP’de operasyon esnasında farkedilemeyen bir üst pol kaynaklı intersitisyel reflü geliştiği gözlenmiştir (Ek Şekil 2 - 18). Bahsedilen RGP görüntüsündeki kontrast reflüsünün hem Chiba trasesinden uzakta olması hem de yaklaşık 2,5 metrelik cerrah - monitör mesafesinde floroskopi çözünürlüğü ve intestinal gaz süperpozisyonları nedeniyle seçilmesi oldukça güçtür. Bu hastada f-URS esnasında başta 25 mmHg seviyelerindeki intrarenal basınç litotripsi esnasında kademeli olarak 10-15 mmHg seviyelerine gerilemiştir. İnterstitiyel reflü ve sonrasında saptanan düşük basınç seviyeleri yüksek basınçta toplayıcı sistem bütünlüğünün bozulduğunun in vivo kanıtı olduğundan değerli bir bulgudur.

Yang ve ark, basınç sensörü içeren nefroskop kılıfı ile retrograd yerleştirilmiş üreter kateteri üzerinden eş zamanlı yapılan ölçümleri karşılaştırdığında da iki ölçüm yönteminin benzer

değerler verdiğini gözlemlemişlerdir(56). 60 hastalık bu seride patentli aspirasyon sistemi sürekli olarak basınç ölçümü yapıp, İRB'yi -12 ile +2 mm Hg seviyesinde tutması için aktif aspirasyon sağlasa da 3 hastada (%5) post operatif septik komplikasyon geliştiği bildirilmiştir. Yang'ın çalışmasında sayısal değerler belirtilmese de retrograd ve antegrad yapılan ölçümlerin birbiri ile tutarlı olması bizim çalışmamızdaki ölçümlerde de gözlemlenmişti. Ek olarak Sierra ve ark. da irrigasyonu sıvısı 40 cmH₂O basınçta sabit ve manüel pompa ile zorlu irrigasyonu yapıldığı 20 hastalık serilerinde %15 oranında post-operatif üriner sistem enfeksiyonu bildirmişlerdir. Bizim serimizde de sadece 1 hastada post-operatif üriner sistem enfeksiyonu gelişmiştir (%5). Bu hastada enfektif komplikasyonun RIRC esnasındaki basınca sekonder değil, PNL hazırlığı esnasında yerleştirilecek Chiba iğnesini yönlendirmek amaçlı yapılan RGP'ye sekonder geliştiği kabul edilse de enfeksiyon oranımız literatür ile uyumlu ve bir miktar daha düşüktür. Bu oran, benzer irrigasyonu yöntemi ancak daha alçak seviyeye asılmış irrigasyonu sıvısına rağmen Sierra ve ark.'larının çalışmasından daha düşük, aktif aspirasyon sistemi sayesinde basıncın -12 ile +2 mmHg seviyesinde tutulduğu Yang ve ark. çalışması ile benzerdir. ÜEK kullanmamıza rağmen, Sierra ve ark.'dan daha düşük, aktif aspirasyon yapan bir çalışmayla ise benzer enfeksiyon oranları; çalışmamız süresince irrigasyonu basıncı ve Chiba üzerinden ölçülen İRB seviyelerinin cerrahi ekip tarafından aktif takip edilmesi ve her iki değerde korele bir artış olup basınçların yeniden 40 mmHg altı seviyelere spontan düşmemesi halinde ölçümün durdurulup Chiba iğnesi üzerinden sistemin dekomprese edilmesine bağlı olabilir.

Bir diğer kısıtlılık, PBT'nin kullanıldığı her noktada P_{IR}D 'den ölçülen basınç Chiba'dan ölçülen seviyeye kadar düşmemiştir. Çalışmanın tasarlandığı dönemde bu ölçüm tekniğinin bir alışma süreci gerektireceğini ön görememiştik. Cerrahi esnasında manüel irrigasyonu yapan asistan veya hemşire sürekli değiştiğinden öne sürülen tekniğin tüm vakalar boyunca aynı şekilde uygulanması mümkün olmamıştır. Cerrahi ekibin değiştiği zamanlarda ilk etaplarda arka arkaya ve şiddetli biçimde puar kullanımları nedeniyle PBT yapılması gereken yerlerde veri kayıpları yaşanmıştır. Öğretim üyesinin kendisinin bile ilk başlarda tekniğe alışması 1 dakika kadar süre almıştır. Dahası elde edilen veriler incelendiğinde irrigasyondan sorumlu asistan puarı bırakmayıp elinin içerisinde gevşettiğinde veya puarın çıkış valfi yere doğru çevrilirse bu valflerin tam olarak kapanmadığını ve irrigasyon sıvısı 100 cm yükseklikte olduğu için hızlı doluş nedeniyle kısmen açık kaldığını gözlemledik. Bu alanlarda P_{IR}D 'deki anlık düşüş beklenenden daha az olmuştur. Bazı durumlarda ise hasta başı monitörün örnekleme hızı, basınç değişikliklerinden daha yavaş kalmakta bu nedenle de %100 duyarlılıkla ölçüm

yapılamamıştır. Biz her bir saniye için bir defa örnekleme yapabildik ancak monitörün sağladığı grafikte, verdiği sayısal değerden daha düşük noktalara da basıncın indiği gözlemledik. Daha sık örnekleme yapılmasının daha doğru sonuçlar sağlayacağı aşikardır. Korelasyon analizi, PBT uygulanan yerler için P_{ChS} ve P_{IrD} arasında çalışma içerisinde elde edilen en yüksek korelasyon katsayısını ($r = 0,611$) saptamış olsa da PBT uygulanan ölçümler maalesef yukarıda bahsedilen sebeplerden ötürü her hastada standart değildir. Tüm bu kısıtlılıklara rağmen PBT kullanıldığında İRB ile P_{ChS} 'nin yüksek derecede korelasyon göstermesi ve uygun şartlar altında İRB ile P_{ChS} 'nin birebir aynı değeri göstermesi umut vericidir.



VI. SONUÇ

Bugüne dek insanlarda RİRC esnasındaki intrarenal basıncın değerlendirildiği çalışmaların çoğunun odaklandığının aksine intrarenal basınç, sadece irrigasyon basıncı veya kullanılan üreterorenoskop ve diğer sarf malzemelere bağlı değildir. Hastanın toplayıcı sisteminin kompliyansı, üreterinin çapına bağlı oluşacak sıvının çıkış direnci ve çevre dokular ile toplayıcı sistemin etkileşimi gibi faktörler halen aydınlatılması gereken konulardır. Toplayıcı sistemin farklı basınç seviyelerine karşı değişen cevabının tam olarak anlaşılması gerekmektedir. Bugün için basınç sensörü içeren enstrümanların böbrek içerisine yerleştirilmesi, RİRC esnasında basınç ölçümü için en minimal invaziv yöntem olmasına rağmen yaygın kullanımı için aşılması gereken engeller mevcuttur.

Çalışmamız, intrarenal basıncın, uygun modellemeler oluşturulabilir ve ölçümler toplayıcı sistemin kompliyansına bağlı meydana gelen basınç artış cevaplarına göre farklı evrelere ayrılabilirse, harici basınç sensörleriyle de gerçek zamanlı olarak takip edilebileceğini göstermiştir. Matematiksel modellemeler ile kullanılan ekipmanlara bağlı değişkenler de standardize edildiğinde proksimal irrigasyon basıncı, gerek sabit akış, gerek zorlu manüel irrigasyon esnasında gerçek intrarenal basıncı yansıtabilir. Özellikle “puar bırak tekniği”, uygun şartlar sağlandığında umut vadetmektedir. Gelecekteki çalışmalarda çözülmesi gereken sorunlar böbrek kompliyansının nasıl belirleneceği, böbrekten çıkış direncinin standardize edilmesi ve akım hızının da basınçla birlikte nasıl monitörize edileceğidir. Daha geniş hasta serilerinde bahsedilen yöntemlerin valide edilmesi gerekliliği aşikardır. Son olarak da intrarenal basınç kayıtlarının cerrahinin farklı evrelerinde standardize biçimde tutulması; intraabdominal ve intraabdominal basıncın da eş zamanlı monitörize edilmesi kanıt düzeyi daha yüksek sonuçları sağlayabilir. Öne sürdüğümüz tekniğin başka merkezlerce de valide edilmesi halinde f-URS esnasında basınç ölçümü standart prosedür haline gelebilir, daha geniş vaka serilerinden elde edilecek veriler ile de septik komplikasyonların başladığı pyelovenöz reflü için “gerçek” eşik değerler araştırılabilir. Klinik pratiği değiştirme ve ÜSTH tedavisinde f-URS'nin rolünü arttırabilecek olan adım, bu eşik değerlerin belirlenmesi olacaktır.

VII. KAYNAKLAR

1. Smith A. Legends in urology. *Can J Urol*. 2011;18(5):5861-3.
2. Skolarikos A, JH, Neisius A., Petřík A., Somani B., Tailly T., Gambaro G. . EAU Guidelines on Urolithiasis Arnhem, The Netherlands. : EAU Guidelines Office 2023 [updated March 2023. Available from: <https://uroweb.org/guidelines/urolithiasis>.
3. Conlin MJ, Marberger M, Bagley DH. Ureterscopy. Development and instrumentation. *Urol Clin North Am*. 1997;24(1):25-42.
4. Landman J, Venkatesh R, Lee DI, Rehman J, Ragab M, Darcy M, et al. Combined percutaneous and retrograde approach to staghorn calculi with application of the ureteral access sheath to facilitate percutaneous nephrolithotomy. *J Urol*. 2003;169(1):64-7.
5. Jung H, Osther PJ. Intraluminal pressure profiles during flexible ureterorenoscopy. *Springerplus*. 2015;4:373.
6. Tokas T, Herrmann TRW, Skolarikos A, Nagele U. Pressure matters: intrarenal pressures during normal and pathological conditions, and impact of increased values to renal physiology. *World J Urol*. 2019;37(1):125-31.
7. Inoue T, Okada S, Hamamoto S, Fujisawa M. Retrograde intrarenal surgery: Past, present, and future. *Investig Clin Urol*. 2021;62(2):121-35.
8. Giusti G, Proietti S, Villa L, Cloutier J, Rosso M, Gadda GM, et al. Current Standard Technique for Modern Flexible Ureterscopy: Tips and Tricks. *Eur Urol*. 2016;70(1):188-94.
9. Donkervoort TK, van Rij GL. Experimental study of the pressure-volume and pressure-time relations in the completely obstructed pelvis of the porcine kidney. Part 1: Introduction and theory. *Urol Res*. 1985;13(1):1-3.
10. Hinman F RF. Pyelovenous back flow. *JAMA*. 1926;87(16):1287-93.
11. Zhong W, Leto G, Wang L, Zeng G. Systemic inflammatory response syndrome after flexible ureteroscopic lithotripsy: a study of risk factors. *J Endourol*. 2015;29(1):25-8.
12. Tokas T, Skolarikos A, Herrmann TRW, Nagele U. Pressure matters 2: intrarenal pressure ranges during upper-tract endourological procedures. *World J Urol*. 2019;37(1):133-42.
13. Sener TE, Cloutier J, Villa L, Marson F, Buttice S, Doizi S, et al. Can We Provide Low Intrarenal Pressures with Good Irrigation Flow by Decreasing the Size of Ureteral Access Sheaths? *J Endourol*. 2016;30(1):49-55.
14. Pauchard F, Bhojani N, Chew B, Ventimiglia E. How to measure intra-renal pressure during flexible URS: Historical background, technological innovations and future perspectives. *Actas Urol Esp (Engl Ed)*. 2024;48(1):42-51.

15. Kirkali Z, Rasooly R, Star RA, Rodgers GP. Urinary Stone Disease: Progress, Status, and Needs. *Urology*. 2015;86(4):651-3.
16. Akıncı M. TT. Üriner Sistem Taş Hastalığı. In: Ö. ŞM, editor. Üroloji. İstanbul Tıp Fakültesi Ders Kitapları Serisi. 1. İstanbul: İstanbul Tıp Fakültesi Mezun ve Mensupları Derneği; 2018. p. 35-42.
17. Fwu CW, Eggers PW, Kimmel PL, Kusek JW, Kirkali Z. Emergency department visits, use of imaging, and drugs for urolithiasis have increased in the United States. *Kidney Int*. 2013;83(3):479-86.
18. Akıncı M, Esen T, Tellaloğlu S. Urinary stone disease in Turkey: an updated epidemiological study. *Eur Urol*. 1991;20(3):200-3.
19. Muslumanoglu AY, Binbay M, Yuruk E, Akman T, Tepeler A, Esen T, et al. Updated epidemiologic study of urolithiasis in Turkey. I: Changing characteristics of urolithiasis. *Urol Res*. 2011;39(4):309-14.
20. Shao Y, Shen ZJ, Zhuo J, Liu HT, Yu SQ, Xia SJ. The influence of ureteral stent on renal pelvic pressure in vivo. *Urol Res*. 2009;37(4):221-5.
21. Walzak MP, Jr., Paquin AJ, Jr. Renal pelvic pressure levels in management of nephrostomy. *J Urol*. 1961;85:697-702.
22. Tanagho E. A. LTF. Anatomy of the Genitourinary Tract. In: McAninch J. W. LTF, editor. *Smith & Tanagho's General Urology*. 19th ed. New York: McGraw Hill; 2020. p. 1-16.
23. Alan W. Partin RRD, Louis R. Kavoussi, Craig A. Peters, Alan J. Wein. *Campbell Walsh Wein Urology*. 12 ed. Alan W. Partin RRD, Louis R. Kavoussi, Craig A. Peters, Alan J. Wein, editor: Elsevier; 2020 21 January 2020. 4096 p.
24. Jung HU, Frimodt-Møller PC, Osther PJ, Mortensen J. Pharmacological effect on pyeloureteric dynamics with a clinical perspective: a review of the literature. *Urol Res*. 2006;34(6):341-50.
25. Klein J, Gonzalez J, Miravete M, Caubet C, Chaaya R, Decramer S, et al. Congenital ureteropelvic junction obstruction: human disease and animal models. *International Journal of Experimental Pathology*. 2011;92(3):168-92.
26. Shashi KK, Lee T, Kurugol S, Garg H, Ghelani SJ, Nelson CP, et al. Normative values for ureteral diameter in children. *Pediatric Radiology*. 2022;52(8):1492-9.
27. Lyon ES, Kyker JS, Schoenberg HW. Transurethral ureteroscopy in women: a ready addition to the urological armamentarium. *J Urol*. 1978;119(1):35-6.
28. Lyon ES. The birth of modern ureteroscopy: the Albona Jaybis story. *J Endourol*. 2004;18(6):525-6.
29. Marshall VF. FIBER OPTICS IN UROLOGY. *J Urol*. 1964;91:110-4.

30. Takayasu H, Aso Y, Takagi T, Go T. Clinical application of fiber-optic pyeloureteroscope. *Urol Int.* 1971;26(2):97-104.
31. Takagi T, Go T, Takayasu H, Aso Y. Fiberoptic pyeloureteroscope. *Surgery.* 1971;70(5):661-3 passim.
32. Bagley DH, Huffman JL, Lyon ES. Flexible ureteropyeloscopy: diagnosis and treatment in the upper urinary tract. *J Urol.* 1987;138(2):280-5.
33. Bagley DH. Legends in Urology. *Can J Urol.* 2015;22(3):7768-71.
34. Assimos D, Krambeck A, Miller NL, Monga M, Murad MH, Nelson CP, et al. Surgical Management of Stones: American Urological Association/Endourological Society Guideline, PART I. *J Urol.* 2016;196(4):1153-60.
35. Doizi S, Traxer O. Ureteroscopic Management of Renal Calculi. In: Smith A, Preminger GM, R. KL, H. BG, editors. *Smith's Textbook of Endourology.* 1. 4 ed. New Jersey: Wiley-Blackwell; 2019. p. 549-61.
36. Whitaker RH. Methods of assessing obstruction in dilated ureters. *Br J Urol.* 1973;45(1):15-22.
37. Whitaker RH. Legends in Urology. *Can J Urol.* 2017;24(2):8695-7.
38. Patel RM, Jefferson FA, Owyong M, Hofmann M, Ayad ML, Osann K, et al. Characterization of intracalyceal pressure during ureteroscopy. *World J Urol.* 2021;39(3):883-9.
39. Kiil F. Pressure recordings in the upper urinary tract. *Scand J Clin Lab Invest.* 1953;5(4):383-4.
40. Rattner WH, Fink S, Murphy JJ. Pressure studies in the human ureter and renal pelvis. *J Urol.* 1957;78(4):359-62.
41. Zhong W, Wen J, Peng L, Zeng G. Enhanced super-mini-PCNL (eSMP): low renal pelvic pressure and high stone removal efficiency in a prospective randomized controlled trial. *World Journal of Urology.* 2021;39(3):929-34.
42. Troxel SA, Low RK. Renal intrapelvic pressure during percutaneous nephrolithotomy and its correlation with the development of postoperative fever. *J Urol.* 2002;168(4 Pt 1):1348-51.
43. Yoshida T, Inoue T, Abe T, Matsuda T. Evaluation of Intrapelvic Pressure When Using Small-Sized Ureteral Access Sheaths of $\leq 10/12$ F in an Ex Vivo Porcine Kidney Model. *J Endourol.* 2018;32(12):1142-7.
44. Cai Y, Li X, Zhu B, Chen R, Ye C, Wang Y, et al. A practical pressure measuring method for the upper urinary tract during ureteroscopy. *Clinical and Investigative Medicine.* 2012:E322-E6.

45. Alsyouf M, Abourbih S, West B, Hodgson H, Baldwin DD. Elevated Renal Pelvic Pressures during Percutaneous Nephrolithotomy Risk Higher Postoperative Pain and Longer Hospital Stay. *J Urol*. 2018;199(1):193-9.
46. Wilson WT, Preminger GM. Intrarenal Pressures Generated During Flexible Deflectable Ureterorenoscopy. *Journal of Endourology*. 1990;4:135-42.
47. Auge BK, Pietrow PK, Lallas CD, Raj GV, Santa-Cruz RW, Preminger GM. Ureteral access sheath provides protection against elevated renal pressures during routine flexible ureteroscopic stone manipulation. *J Endourol*. 2004;18(1):33-6.
48. Shao Y, Shen ZJ, Zhu YY, Sun XW, Lu J, Xia SJ. Fluid-electrolyte and renal pelvic pressure changes during ureteroscopic lithotripsy. *Minim Invasive Ther Allied Technol*. 2012;21(4):302-6.
49. Doizi S, Letendre J, Cloutier J, Ploumidis A, Traxer O. Continuous monitoring of intrapelvic pressure during flexible ureteroscopy using a sensor wire: a pilot study. *World J Urol*. 2021;39(2):555-61.
50. Sierra A, Corrales M, Kolvatzis M, Doizi S, Traxer O. Real Time Intrarenal Pressure Control during Flexible Ureterorenoscopy Using a Vascular PressureWire: Pilot Study. *J Clin Med*. 2022;12(1).
51. Doizi S, Uzan A, Keller EX, De Coninck V, Kamkoum H, Barghouthy Y, et al. Comparison of intrapelvic pressures during flexible ureteroscopy, mini-percutaneous nephrolithotomy, standard percutaneous nephrolithotomy, and endoscopic combined intrarenal surgery in a kidney model. *World J Urol*. 2021;39(7):2709-17.
52. Croghan SM, Cunnane EM, O'Meara S, Muheilan M, Cunnane CV, Patterson K, et al. In vivo ureteroscopic intrarenal pressures and clinical outcomes: a multi-institutional analysis of 120 consecutive patients. *BJU Int*. 2023;132(5):531-40.
53. Shu X, Chen Q, Xie L. A novel robotic system for flexible ureteroscopy. *Int J Med Robot*. 2021;17(1):1-11.
54. Marom R, Dau JJ, Hall TL, Ghani KR, Louters MM, Kim HJ, et al. Effect of outflow resistance on intrarenal pressure at different irrigation rates during ureteroscopy: in vivo evaluation. *Urolithiasis*. 2023;51(1):98.
55. Bhojani N, Koo KC, Bensaadi K, Halawani A, Wong VK, Chew BH. Retrospective first-in-human use of the LithoVue™ Elite ureteroscope to measure intrarenal pressure. *BJU Int*. 2023;132(6):678-85.
56. Yang Z, Song L, Xie D, Deng X, Zhu L, Fan D, et al. The New Generation Mini-PCNL System - Monitoring and Controlling of Renal Pelvic Pressure by Suctioning Device for Efficient and Safe PCNL in Managing Renal Staghorn Calculi. *Urol Int*. 2016;97(1):61-6.
57. Deng X, Song L, Xie D, Fan D, Zhu L, Yao L, et al. A novel flexible ureteroscopy with intelligent control of renal pelvic pressure: an initial experience of 93 cases. *Journal of endourology*. 2016;30(10):1067-72.

58. Huang J, Xie D, Xiong R, Deng X, Huang C, Fan D, et al. The Application of Suctioning Flexible Ureteroscopy With Intelligent Pressure Control in Treating Upper Urinary Tract Calculi on Patients With a Solitary Kidney. *Urology*. 2018;111:44-7.
59. Gao X, Zhang Z, Li X, Cai W, Zheng B, Lu Y, et al. High stone-free rate immediately after suctioning flexible ureteroscopy with Intelligent pressure-control in treating upper urinary tract calculi. *BMC Urol*. 2022;22(1):180.
60. Shu X, Hua P, Xie L. An irrigation system for noninvasively estimating intrarenal pressure during flexible ureteroscopy. *Int J Med Robot*. 2021;17(5):e2306.
61. Lopes ACN, Dall'Aqua V, Carrera RV, Molina WR, Glina S. Intra-renal pressure and temperature during ureteroscopy: Does it matter? *Int Braz J Urol*. 2021;47(2):436-42.
62. Donkervoort TK, van Rij GL. Experimental study of the pressure-volume and pressure-time relations in the completely obstructed pelvis of the porcine kidney. Part 2: The relation between actual hydrostatic pressure, intrapelvic volume and time. *Urol Res*. 1985;13(1):5-8.
63. Donkervoort TK, van Rij GL. Experimental study of the pressure-volume and pressure-time relations in the completely obstructed pelvis of the porcine kidney. Part 3: Stability of the pelvicalyceal system. *Urol Res*. 1985;13(1):9-10.
64. Donkervoort TK, van Rij GL. Experimental study of the pressure-volume and pressure-time relations in the completely obstructed pelvis of the porcine kidney. Part 4: Instability and blow out. *Urol Res*. 1985;13(5):259-62.
65. Bullock KN. The biomechanical principles of upper urinary tract pressure-flow studies. *Br J Urol*. 1983;55(2):136-9.
66. Oratis AT, Subasic JJ, Hernandez N, Bird JC, Eisner BH. A simple fluid dynamic model of renal pelvis pressures during ureteroscopic kidney stone treatment. *PLoS One*. 2018;13(11):e0208209.
67. Weiss RM, Bassett AL, Hoffman BF. Dynamic length-tension curves of cat ureter. *Am J Physiol*. 1972;222(2):388-93.
68. Schwalb DM, Eshghi M, Davidian M, Franco I. Morphological and physiological changes in the urinary tract associated with ureteral dilation and ureteropyeloscopy: an experimental study. *J Urol*. 1993;149(6):1576-85.
69. Williams JG, Turney BW, Rauniyar NP, Harrah TP, Waters SL, Moulton DE. The Fluid Mechanics of Ureteroscope Irrigation. *J Endourol*. 2019;33(1):28-34.
70. Doizi S. Intrarenal Pressure: What Is Acceptable for Flexible Ureteroscopy and Percutaneous Nephrolithotomy? *Eur Urol Focus*. 2021;7(1):31-3.
71. Panthier F, Pauchard F, Traxer O. Retrograde intra renal surgery and safety: pressure and temperature. A systematic review. *Curr Opin Urol*. 2023;33(4):308-17.
72. Holst U, Mortensen J. The relation between pelvic pressure and bladder pressure during pelvic perfusion with standardized flow rates. *APMIS Suppl*. 2003(109):13-7.

73. Fung LC, Churchill BM, McLorie GA, Chait PG, Khoury AE. Ureteral opening pressure: a novel parameter for the evaluation of pediatric hydronephrosis. *J Urol*. 1998;159(4):1326-30.
74. Bhagavan BS, Wenk RE, Dutta D. Pathways of urinary backflow in obstructive uropathy. Demonstration by pigmented gelatin injection and Tamm-Horsfall uromucoprotein markers. *Hum Pathol*. 1979;10(6):669-83.
75. Kreydin EI, Eisner BH. Risk factors for sepsis after percutaneous renal stone surgery. *Nat Rev Urol*. 2013;10(10):598-605.
76. McAleer IM, Kaplan GW, Bradley JS, Carroll SF. Staghorn calculus endotoxin expression in sepsis. *Urology*. 2002;59(4):601.
77. Bone RC, Balk RA, Cerra FB, Dellinger RP, Fein AM, Knaus WA, et al. Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. The ACCP/SCCM Consensus Conference Committee. American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine. *Chest*. 1992;101(6):1644-55.
78. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, Shankar-Hari M, Annane D, Bauer M, et al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *Jama*. 2016;315(8):801-10.
79. Zhong W, Zeng G, Wu K, Li X, Chen W, Yang H. Does a smaller tract in percutaneous nephrolithotomy contribute to high renal pelvic pressure and postoperative fever? *J Endourol*. 2008;22(9):2147-51.
80. Corrales M, Sierra A, Doizi S, Traxer O. Risk of Sepsis in Retrograde Intrarenal Surgery: A Systematic Review of the Literature. *Eur Urol Open Sci*. 2022;44:84-91.
81. Bhojani N, Miller LE, Bhattacharyya S, Cutone B, Chew BH. Risk Factors for Urosepsis After Ureteroscopy for Stone Disease: A Systematic Review with Meta-Analysis. *J Endourol*. 2021;35(7):991-1000.
82. Dybowski B, Bres-Niewada E, Rzeszutko M, Tkaczyk A, Woźniak B, Wójcik M, et al. Risk factors for infectious complications after retrograde intrarenal surgery - a systematic review and narrative synthesis. *Cent European J Urol*. 2021;74(3):437-45.
83. Kottooran C, Twum-Ampofo J, Lee J, Saunders J, Franco M, Budrewicz J, et al. Evaluation of fluid absorption during flexible ureteroscopy in an in vivo porcine model. *BJU Int*. 2023;131(2):213-8.
84. Thomsen HS, Talner LB, Higgins CB. Intrarenal backflow during retrograde pyelography with graded intrapelvic pressure. A radiologic study. *Invest Radiol*. 1982;17(6):593-603.
85. Cybulski P, Honey RJ, Pace K. Fluid absorption during ureterorenoscopy. *J Endourol*. 2004;18(8):739-42.
86. Stenberg A, Bohman SO, Morsing P, Müller-Suur C, Olsen L, Persson AE. Back-leak of pelvic urine to the bloodstream. *Acta Physiol Scand*. 1988;134(2):223-34.

87. Spinelli MG, Palmisano F, Zanetti SP, Boeri L, Gadda F, Talso M, et al. Spontaneous upper urinary tract rupture caused by ureteric stones: A prospective high-volume single centre observational study and proposed management. *Arch Esp Urol*. 2019;72(6):590-5.
88. Thomsen HS, Dorph S, Olsen S. Pyelorenal backflow in rabbits following clamping of the renal vein and artery: radiologic and microscopic investigation. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*. 1982;23(2):143-8.
89. Loftus C, Byrne M, Monga M. High pressure endoscopic irrigation: impact on renal histology. *Int Braz J Urol*. 2021;47(2):350-6.
90. Wang J, Zhou DQ, He M, Li WG, Pang X, Yu XX, et al. Effects of renal pelvic high-pressure perfusion on nephrons in a porcine pyonephrosis model. *Exp Ther Med*. 2013;5(5):1389-92.
91. Cao Z, Yu W, Li W, Cheng F, Xia Y, Rao T, et al. Acute kidney injuries induced by various irrigation pressures in rat models of mild and severe hydronephrosis. *Urology*. 2013;82(6):1453.e9-16.
92. Liu Y, Jian Z, Ma Y, Chen Y, Jin X, Zhou L, et al. Changes of renal function after retrograde intrarenal surgery using flexible ureteroscope in renal stone patients. *Transl Androl Urol*. 2021;10(6):2320-31.
93. uMEC10/uMEC12/uMEC15 Patient Monitor Operator's Manual: Mindray Bio-Medical Electronics Co.; 2019 [Available from: <https://mindray.sy/wp-content/uploads/2019/09/uMEC-Operator%E2%80%99s-Manual.pdf>].
94. Whitaker RH. Pressure-controlled nephrostography. *Eur Urol*. 1977;3(3):145-9.
95. Butticè S, Sahin B, Sener TE, Dragos L, Proietti S, Doizi S, et al. The new Avicenna Roboflex: How does the irrigation system work? Results from an in vitro experiment. *Arch Ital Urol Androl*. 2018;90(3):155-8.
96. Jung H, Nørby B, Frimodt-Møller PC, Osther PJ. Endoluminal isoproterenol irrigation decreases renal pelvic pressure during flexible ureterorenoscopy: a clinical randomized, controlled study. *Eur Urol*. 2008;54(6):1404-13.
97. Doizi S, Traxer O. Flexible ureteroscopy: technique, tips and tricks. *Urolithiasis*. 2018;46(1):47-58.
98. Karnak I, Bingöl-Koloğlu M, Karaağaoğlu E, Büyükpamukçu N, Tanyel FC. Renal pelvic pressure responds with augmented increases to increments in intraabdominal pressure. *J Pediatr Surg*. 2001;36(6):901-4.