

# Ürodinami donanımı

İsmail YAĞMUR

Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Üroloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa

## Öz

Ürodinami ünitesi, mesane dinamiği hakkında bilgi toplamak için kullanılan, tek başına veya birbirleriyle ilişkili olarak tasarlanmış araçlardan oluşur. Birçok aracın bir araya gelerek oluşturduğu bu sistemdeki parçaların tümü ürodinami donanımı olarak adlandırılır. Bu makalede, güncel bilgiler ışığında standart bir ürodinamik sistem için gerekli olan temel bileşenler ile birlikte, ürodinami donanımının klinisyenlere yararlı olabilecek teknik özellikleri ve çalışma prensiplerinden bahsedilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Ürodinami donanımı, sistometri, elektromiyografi, üroflowmetri, videourodinami

## Abstract

### Urodynamic equipment

A unit of urodynamics consists of tools designed as a stand-alone or associated with each other and it is used to collect information about dynamics of bladder. All the tools constituting this system are called the urodynamic equipment. In this article, technical features of urodynamic equipment and its working principles that may be useful to clinicians will be mentioned along with the basic components required for a standard urodynamic system in the light of current knowledge.

**Keywords:** Urodynamic equipment, cystometry, electromyography, uroflowmetry, videourodynamics

## Giriş

Ürodinami, alt üriner sistemin depolama ve boşaltma fonksiyonlarının değerlendirildiği inceleme yöntemidir. Ürodinaminin hedefi, alt üriner sistem disfonksiyonun varlığını ve klinik etkilerini objektif olarak değerlendirmek amacıyla, tariflenen klinik semptomları uygulama sırasında ortaya çıkartmak ve o sırada ilgili ölçümlerin yapılarak altta yatan patolojik nedenlerini belirlemektir. Alt üriner sistem fonksiyon bozukluğunu belirlemede referans tanı yöntemi olmasının yanında tedavi seçiminde, tedaviye yanıtın değerlendirilmesi ve takip sürecinde tamamlayıcı bir araç olarak kullanılır. Ancak invazif bir teknik olmasından dolayı özellikle pediatrik yaş grubunda uygulanması özel bir deneyim gerektirmektedir.

Ürodinamik uygulamaların ölçümünde, kalite kontrolünde ve dokümantasyonunda kapsamlı kılavuzların geliştirilmesinde uluslararası kontinans birliğinin (ICS) raporları önemli bir yer tutmaktadır. Bu raporlar günlük pratiğimizde sık kullandığımız üroflow-

metri, dolum sistometrisi ve kombine basınç-akım çalışmaları için gerekli olan malzeme kurulumu ve konfigürasyonu, sinyal kontrolü, olasılık kontrolü, kalıp model tanıma ve artefakt düzeltme stratejisinde standart değerlerin yakalanmasını kolaylaştırır<sup>(1)</sup>.

Ürodinami ünitesi, mesane dinamiği hakkında bilgi toplamak için kullanılan, tek başına veya birbirleriyle ilişkili olarak tasarlanmış araçlardan oluşur. Birçok aracın bir araya gelerek oluşturduğu bu sistemdeki parçaların tümü ürodinami donanımı olarak adlandırılır.

Uluslararası Kontinans Topluluğu (ICS) 1987 yılında ürodinamik ekipman üzerine bir rapor yayınlanmıştır<sup>(2)</sup>. Bu raporda ürodinami donanımı ve teknik özellikleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Fakat sonraki yıllarda bilgisayar programlarındaki hızlı ilerlemelere paralel olarak gelişen teknoloji ile birlikte ürodinami donanımına kazandırılan yenilikler, temel prensiplerde değişim bulunmasa da, ürolojik ekipman literatürüne ait güncellemeleri gerekli kılmıştır.

Bu makalede, güncel bilgiler ışığında standart bir ürodinamik sistem için gerekli olan temel bileşenler ile birlikte, ürodinami donanımının klinisyenlere yararlı olabilecek teknik özellikleri ve çalışma prensiplerinden söz edilecektir.

**Alındığı tarih:** 17.10.2016

**Kabul tarihi:** 21.11.2016

**Yazma adresi:** Dr. İsmail Yağmur, Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Üroloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa

**e-mail:** dr\_iyagmur@hotmail.com

Ürodinami; üriner sistemde basınç, akım ve kuvvet ile ilişkili fiziksel ve matematik modellere dayanan ve tanı ve tedavi yöntemlerinin geliştirilip kullanılmasını sağlayan çok özel bir alandır <sup>(3)</sup> ve dört temel inceleme vardır. Bunlar:

1. Sistometri,
2. Flovmetri,
3. Üretral basınç profili,
4. Kombine çalışmalar (sistometri-elektromiyografi (EMG), flovmetri-EMG)'dir.

Ürodinami donanımı, yukarıda belirtilen her bir bileşen için gerekli olan tüm ekipmanı bünyesinde bulundurmaktadır.

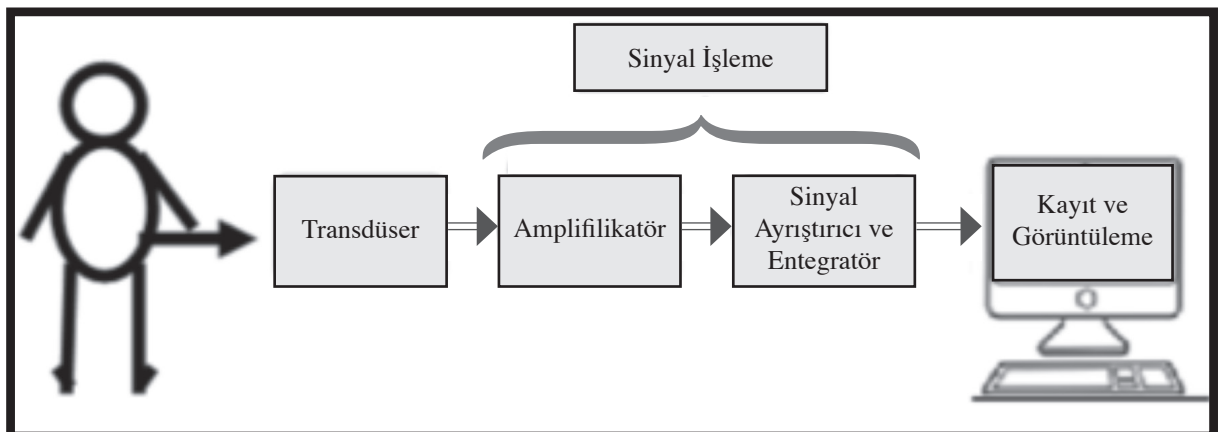
Ürodinamik bir sistem için gerekli asgari donanımlar şunlardır <sup>(1)</sup>:

- Üç ölçüm kanalı (ikisi basınç, biri akım için)
- Bir görüntü (yazıcı ve /veya ekran üzerinde) ve üç basıncın (Pabd, Pves, Pdet) ve akımın (Q) zamana karşı izlenebildiği güvenli depolama
- Verilen sıvı miktarının ve işenilen hacmin grafik veya sayısal olarak gösterilebilmesi
- Yeterli ölçüm ve dağılımın basınç ve akımın gerçek zamanlı görüntülenmesi
- Ölçümler, tüm eksenlerde açıkça verilebilmesi, ölçümler ekranda kaybolursa bile bilgiler elektronik olarak kaybolmamalıdır.
- Duyum ve ek yorumlar (olay kaydı) hakkında standart bilgiyi kaydetme imkanı sağlama (Şekil 1).

### a) Dolum Sistometrisi

Günlük pratiğimizde sıkça kullandığımız sistometri sözcüğünün yerine dolum sistometrisi teriminin kullanılması terminolojinin standardize edilmesi amacıyla ICS tarafından 2002 yılında önerilmiştir <sup>(4)</sup>. Alt üriner sistemin dolum ve depolama fonksiyonunun değerlendirildiği bu kısımda, basınç ölçmeye yarayan kateter-bazlı bir manometre sistemi kullanılarak mesanenin basınç-hacim eğrisi elde edilmektedir <sup>(1)</sup>. Sistometri ile mesanenin kapasitesi, kontraktilesi, kompliyansı, boşaltma gücü ve kontinens derecesi ortaya çıkarılmaya çalışılır <sup>(5)</sup>.

Sistometri basınç-akım çalışmasının bir bileşeni olarak da yapıldığı gibi izole olarak da yapılabilmektedir. Kliniğimizde sistometriyi genellikle basınç-akım çalışması ile birlikte kombine şekilde yapıyoruz. İşleme mesane içerisine iki yollu ve rektuma ise tek yollu birer kateter yerleştirilerek başlıyoruz. Ardından EMG elektrodlarını da yerleştirdikten sonra kateterleri sisteme bağlayarak cihazı kalibre ediyoruz. Su-dolumlu basınç dönüştürücü (transducer) kateter kullandığımız için basınç dönüştürücülerin hastanın simfizis pubisinin üst kenarı hizasında tutulmasına dikkat ediyoruz. Ardından tercihen oda sıcaklığında steril izotonik ile infüzyonu başlatıyoruz. Bir dakikalık infüzyon pompa hızının, olgunun yaşına göre hesaplanan mesane kapasitesinin %10'unu geçmeyecek şekilde olmasını yeğliyoruz. Mesaneyi doldurmak için de oda sıcaklığında olan steril % 0.9 NaCl kullanıyoruz. Mesane kapasitesini de Hjalmas denklemi ( $30+(\text{yaş} \times 30)$ ) ile hesaplıyoruz <sup>(6)</sup>.



Şekil 1. Sistometride basınç ölçümleri için gerekli olan ekipmanın şema ile gösterilmesi.

Sistometri için gerekli olan donanım kısmı Şekil 1'de özetlenmiştir <sup>(2)</sup>. Mesane ve rektum içerisinden kateterler vasıtasıyla transdüserlere iletilen basınç değişiklikleri burada elektrik sinyallerine dönüştürülür. Amplifikatör yardımıyla güçlendirilen bu sinyaller ayrıştırıcı ve entegratör yardımıyla işlenerek basınç traselerine görüntü olarak yansıtılır.

Ürodinamik basınç verileri 15 Hz kadar yüksek olabilen bir dizi frekans bileşenlerinden oluşmaktadır <sup>(2)</sup>. Bu nedenle bir basınç değişikliğine farklı kateter sistemlerinin nasıl yanıt verdiği tanımlanması önemlidir. Klinik olarak kullanılan dört çeşit kateter-bazlı manometre sistemi mevcut olup, isimlerinden de anlaşıldığı üzere kullandıkları transdüksiyon aracına göre adlandırılırlar <sup>(7)</sup>. Bunlar:

1. Su-dolumlu (water-filled) kateterler ve harici transdüserler,
2. Hava-dolumlu (air-charged) kateterler ve harici transdüserler,
3. Mikrotip transdüser sistemleri,
4. Fiber-optik sistemlerdir.

İlk ikisi tek kullanımlık sistemler olup, bunlardan su-dolumlu basınç transdüksiyonu yapan kateterler uzun yıllar kullanılmış olması nedeniyle detaylı şekilde karakterize edilmiştir <sup>(8,9)</sup>. Buna zıt olarak, hava-dolumlu basınç transdüksiyonu yapan kateter sistemleri daha yeni bir teknoloji olması ve diğeri kadar detaylı şekilde karakterize edilememesine rağmen, son yıllarda oldukça yaygın klinik kullanım alanı bulmuş ve pazar payını önemli oranda arttırmıştır. Her iki sistemin de aynı anda kullanıldığı karşılaştırmalı çalışmalarda değerli sonuçlar elde edilmiştir <sup>(7,10)</sup>.

Yaygın olarak kullanılan üç farklı sistemin özellikleri ile birlikte avantaj ve dezavantajlarından söz edilecektir.

**a) Su-dolumlu (water-filled) kateter ve harici transdüserler:** ICS tarafından önerilen sistemdir <sup>(1)</sup>. Su dolu kateter veya balon ölçüm yapılacak alana yerleştirilir. Basınç kateter boyunca bağlantılı olduğu eksternal transdüserlere iletilir. Kalibrasyonu iyi yapıldığında hızlı basınç değişikliklerine iyi yanıt verebilir. Fakat kateterde oluşacak hareket ve bükülmeye karşı oldukça duyarlı olup, basınç iletimi etkilenmekte ve artefakt oluşumuyla sonuçlanmaktadır.

Sıvının kateter boyunca devamlı akışı ile birlikte, transdüserdeki basınç kateter ucunun konumundan bağımsız olarak, transdüser seviyesinin vertikal izdüşümü boyunca vücut içindeki değer aynıdır. Eksternal transdüserler, atmosfer basıncında sıfır noktasına ayarlanarak, mesane için anatomik köşe taşı olan simfizis pubis seviyesinde tutulmalıdır <sup>(11)</sup>. Hasta işlem sırasında yatabilir, oturabilir veya ayağa kalkabilir. Değişen pozisyonlarda yapılan ölçümlerde basıçlarda anlamlı değişiklikler saptanmamıştır <sup>(12)</sup>.

**b) Hava-dolumlu (air-charged) kateter ve harici transdüserler:** Tüm dünyada birçok ürodinami üreticisinin kullandığı "Tdoc Air Charged" ölçüm sistemi ile yapılan ürodinami çalışmalarının birtakım avantajlara sahip olduğu bildirilmektedir. Bu sistemde mesane yine sıvı ile doldurulmasına karşın, basınç ölçümü hava ile yapıldığından hastanın sistemden yüksekliği ölçümleri etkilememektedir. Havanın dansitesi ihmal edilebilecek kadar düşük olduğundan, basınç kateter ucundaki balondan direkt olarak transdüserlere iletilir <sup>(11)</sup>. Bu kateterler ucundaki balon sayesinde 360° ölçüm yaptığı için noktasal ölçüm yapan sulu sistemlerden daha fazla basınç verisi sağlamaktadır. Testin başlangıcındaki ölçülebilen basınçların kaydedilmemesine olanak sağlar. Mesaneye yerleştirilen su ölçümlü kateterlerin ölçüm noktası mesane duvarına değdiğinde ölçüm hatası oluşma olasılığı bu kateterlerde olası değildir. Su dolumlu sistemde 6-8 Fr kateterler kullanılıyor iken ve üretral kateterlerin idrar akım değerlerine olan etkisi bilindiğinden <sup>(13)</sup> bu sistemdeki 3 Fr kateter sayesinde idrar akımı daha az etkilenmektedir. Hava-dolumlu basınç sensörleri hastanın bacağına sabitlendiği için tüm ölçüm sistemi ve kateterler hasta ile hareketli hâle gelmektedir. Bu şekilde basınç akım çalışmasında hasta kolayca pozisyon değiştirebilmekte ve basınçlarda sorun yaşanmamaktadır. "Tdoc Air Charged" ölçüm sistemi ile hasta seviyesi, basınç hatlarının uzatma bağlantıları, kateterlerin su ile doldurulması, kalibrasyon gibi birçok işlem atlandığı için testin hazırlık aşaması hızlanmaktadır. Bağlantı hattı üzerinde oluşan bir darbeye yanıt olarak oluşan artefaktlar, bu sistemdeki geç frekans yanıtı sayesinde çok azdır. Hava-dolumlu kateterler "overdamped system" gibi davranırlar ve sonuçta hızlı basınç değişimlerine karşı gecikmeli ve azaltılmış basınç yanıtları verirler <sup>(7)</sup>. Mevcut özellikleri ile avantaj sağlayan bu yöntemin ileriki dönemlerde, yapılacak olan klinik çalışmaların mevcut bilgileri onaylaması durumunda

daha yaygın olarak yeğleneceği düşünülmektedir.

Fakat fonksiyonel olarak kateter uçlu transdüserlere benzer özellikleri nedeniyle, mesane ve rektum içerisindeki kateter ucunun pozisyon değişikliğinden olumsuz etkilenmesinin ortaya çıkaracağı dezavantaj da akılda tutulmalıdır <sup>(11)</sup>.

**c) Catheter-tip transdüser sistemleri:** Bu sistemde transdüser kateterin ucuna monte edilmiştir. Sağlıklı bir ölçümün yapılabilmesi için kateter ucunun ölçüm yapılacak alana (mesane veya rektuma) ulaşmış olması zorunludur. Bu transdüserler sayesinde basınç sinyalleri güçlendirilerek elektrik enerjisine dönüştürülür. Hareket artefaktı çok az veya yoktur. Bu kateterlerin üretradan rahat ilerletilmesi için küçük olma zorunlulukları bulunmakta ve bu da maliyeti artırmaktadır. Ayrıca kateter ucunun pozisyonu basınç ölçümünü etkileyeceği için kateterin düzgün yerleştirilmesi sağlanmalıdır. Aksi halinde oluşturacağı artefakt hesaba alınmalı ve bunu önlemek için test başlangıcındaki basınç değerleri açıkça görülmelidir. Bu kateterler steril edilerek tekrar kullanılabilir <sup>(10,11)</sup>.

Mesanenin doldurulması dk. başına, yaşa göre hesaplanan mesane kapasitesinin % 10'unu geçmeyecek şekilde ayarlanmalı <sup>(6)</sup> ve kullanılan sıvının sıcaklığı ise 21-37°C arası olmalıdır <sup>(14)</sup>. Soğutulmuş sıvıların mesane kontraktilesini arttırdığı bilinmektedir <sup>(15)</sup>. İnfüzyon pompasının hızı <10 ml/dk. ise yavaş dolum sistometrisi, 10-100 ml/dk. ise orta dolum sistometrisi ve >100 ml/dk. ise hızlı dolum sistometrisi adı verilmektedir <sup>(16)</sup>. ICS çocuklarda yavaş dolum sistometrisi önermektedir <sup>(17)</sup>. Geçmiş yıllarda mesane dolusunda karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazı da kullanılmakta ve eşzamanlı basınç ölçümleri yapılabilmekteydi. Fakat işeme hızı ve hacminin ölçülmesi olası olmadığından bu yöntem günümüzde terk edilmiştir.

Sistometri sonucunda mesane içi basınç (Pves), abdominal basınç (Pabd) ve detrusör basıncı (Pdet=Pves-Pabd) elektronik olarak hesap edilir. Mesane duymu, istemsiz detrusor kasılmaları varlığı, kompiyans (depolama basınçları) ve ölçülen mesane kapasitesi önemli sistometri parametreleridir. Sistometri sırasında sadece kısa bir süre içindeki mesane fonksiyonları değerlendirileceği için istemsiz kontraksiyon saptama-

namaması olasılığı yüksektir. Ambulatuvar ürodinami ile bu durumun çok daha sensitif olarak ortaya konulabileceği bildirilmiştir <sup>(18)</sup>.

#### d) Elektromiyografi (EMG)

Pelvik tabanı oluşturan çizgili kaslardan alınan elektromyografik ölçümler tek başına ya da diğer ölçümlerle beraber kaydedilebilir. Bu ölçümde perineal bölgeye yerleştirilen iğne ya da yüzey elektrodları kullanılmaktadır. Çocuklarda genellikle kullanımı kolay olan ve invazif olmayan yüzey elektrodları tercih edilir. İğne elektrodlar her bir motor ünitenin aksiyon potansiyellerinin görülmesini sağlarken, yüzey elektrodları elektrodların altındaki veya etrafındaki komşu motor ünite gruplarının aksiyon potansiyellerini gösterir. İğne elektrodlar ile daha daha spesifik bilgi elde edilmesine karşın invazif oluşu, uygulananın konforlu olmaması ve ilgili alandan kolaylıkla yer değiştirmesi gibi dezavantajlara sahiptir <sup>(19,20)</sup>.

1981 yılında Barrett ve Wein tarafından işeme süresince ve hemen öncesinde EMG ile pelvik taban kaslarındaki gevşemenin gösterilmesi (çizgili kas EMG aktivitesi normal işeme sırasında azalır) ile yaygın kullanım alanı bulmuştur. Pelvik taban etkinliği hakkında değerli bilgiler sağlar. Klinik pratiğimizde sıklıkla Sistometri+EMG ve Üroflovo+EMG şeklinde hem depolama hem de boşaltım sırasında kullanılmaktadır. Üroflovo metri ve pelvik taban arasındaki ilişki işeme disfonksiyonu etiyojisini invazif olmayan bir kolaylıkla gösterebilir <sup>(21)</sup>.

#### e) Üretral basınç ölçümü

Üretral basınç profili (UPP) üretra uzunluğu boyunca bir basınç sensörünün (kateter) geriye çekilmesi ile elde edilen ve lümen içi basınç değerlerini gösteren bir grafikdir. Üretral basınç kapalı bir üretrayı açmak için gereken sıvı basıncı olarak tanımlanır. Lateralde açıklıkları olan küçük bir kateter kullanılarak sürekli sıvı infüze edilirken bu sırada mesane ve üretra basıncı eşzamanlı olarak kateter üretra boyunca yavaşça çekilirken ölçülür. Üretral obstrüksiyonun objektif verilerle gösterilmesi amacı ile çoğunlukla prostat büyümesine bağlı obstrüksiyonu ortaya çıkarmak ya da bir grup hastada üretral rezistans farklılıklarının istatistiksel farklılıklarını göstermek için kullanılabilir <sup>(22)</sup>.

## f) Akım ölçümü

Üroflovetri, işeme eylemi süresince üretral yol ile atılan idrarın akım hızının ölçülmesi işlemidir. İşeme işlev bozukluklarının tanısında ve takibinde çok sık kullanılan basit bir ürodinamik incelemedir. İnvaziv olmaması, maliyetinin düşük olması, uygulama ve yorumlanmasının kolay olması gibi avantajları sayesinde bu test üroloji pratiğinde önemli bir yer tutmaktadır. İki eksenli bir grafik ( $x$ = süre ve  $y$ = hız) hâlinde işemenin özetini objektif bir şekilde klinisyene sunmaktadır. Üroflovetri idrar akım hızını birim zaman başına hacim (mililitre/saniye) olarak ölçer. Üroflovetri ile elde edilen sayısal parametrelerle birlikte oluşturulan işeme eğrisinin şekli de oldukça önemlidir.

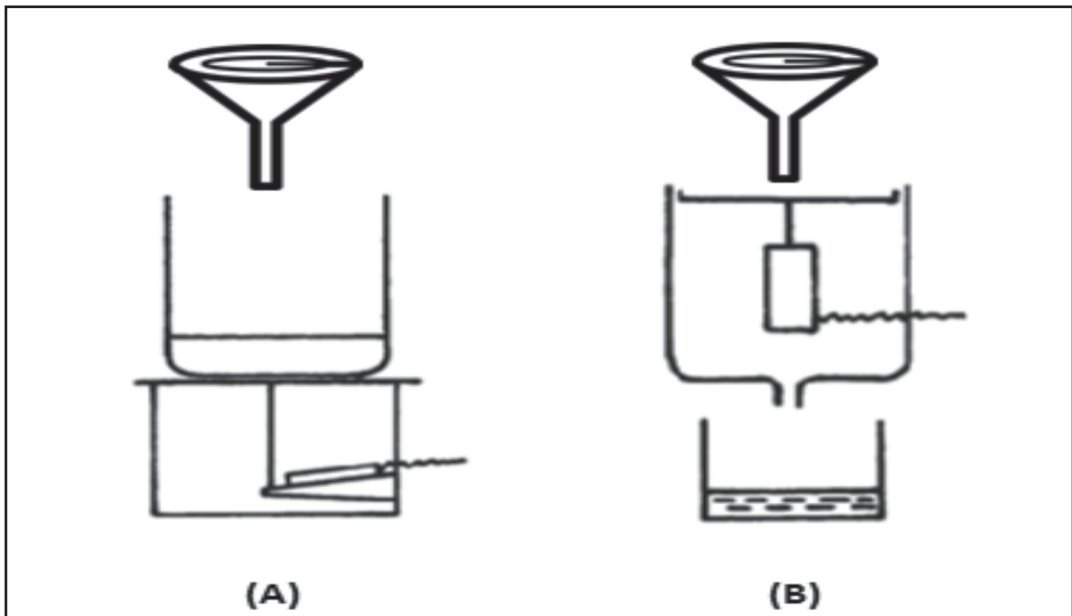
Üroflovetri sonucunun yorumlanmasında standardizasyonun sağlanması amacıyla kullanılan ölçüm parametrelerinin ve gösterdikleri anlamların bilinmesi gereklidir. Bu parametreler; işenen hacim, maksimum akım hızı, akım süresi, ortalama akım hızı, maksimum akıma kadar olan süre, işeme süresi ve işeme eğrisinin şekli olup, bunlar ileriki kısımlarda detaylı olarak anlatılacaktır.

İdrar akım hızını ölçmek için gerekli olan donanım bir akımölçer (flowmeter) ve bağlı bulunduğu bir bilgisayardır. Farklı çeşitte akımölçerler bulunmakta

olup günümüzde en sık kullanılanlar ağırlığı elektrığe dönüştürücü tip ve döner disk tipi akım ölçerlerdir (11,23).

- **Ağırlığı elektrığe dönüştürücü sistem kullananlar (load cell or gravimetric flowmeter)** işenen idrarın ağırlığını ve aynı sırada hacmini ölçerler (Şekil 2a). İdrar hacminin zamana göre değişimini hesaplayarak akım hızını gösterirler. Üretici firmaların büyük çoğunluğu tarafından tercih edilen sistemdir (2,11,23).
- **Döner disk akımölçerler (rotating disk flowmeter)** idrarın üzerine düştüğü dönen bir disk kullanırlar (Şekil 2b). Disk yardımcı bir motorla idrar akım hızındaki değişimlere karşın aynı hızda devamlı döndürülür. Akım sinyali, elektronik olarak işenen idrar hacmini kaydetmek üzere entegre edilir (2,23).

Günümüzde ticari olarak bulunan tüm akımölçerler kabul edilebilir sonuçlar vermektedir. Özellikle de doğruluk (%5'ten daha düşük hata payı), 0-50 ml/s aralığındaki tepkinin doğruluğu, cihazın güvenilirliği, mevcut donanımlarla olan uyumluluğu, akımölçerin emniyeti ve temizlenmesinin kolaylığı konusundaki bilgiler çok önemlidir. Cihazın performansını belirli aralıklarla denetlemek gereklidir. Bunun için de test ediciler geliştirilmiştir (23).



Şekil 2. Akımölçer tipleri. A) Ağırlığı elektrığe dönüştürücü tip akımölçer, B) Döner disk tip akımölçer.

### g) Videourodinami

Ürodinamik çalışmalarda dolun sistometri süresince radyopak madde kullanılarak alt üriner sistemin floroskopi ile görüntülenmesi video-ürodinami adını alır. Mesanenin morfolojik ve fonksiyonel değerlendirilmesinin bir arada yapılmasını sağlar<sup>(24)</sup>.

Videourodinamik çalışmalar daha pahalı ve zaman alıcı olmakla birlikte, sağladığı birtakım avantajlar şöyle sıralanabilir:

1. İnfravezikal obstrüksiyonun lokalizasyonu belirlenebilir.
2. Vezikoureteral reflütünün mesane kapasitesi ve basıncıyla olan ilişkisini ortaya çıkarır.
3. İdrar kaçırma anı daha net gözlenebilir.
4. Mesane boynu yetmezliği daha ayrıntılı değerlendirilebilir.

Videourodinamik çalışmalar için gerekli olan donanım, yukarıda söz edilmiş olan standart ürodinami ekipmanlarına ek olarak görüntülemeyi sağlayacak floroskopi cihazıdır. Bu cihazların yer kaplayıcı özelliğinden dolayı kullanıldıkları odaların geniş olması gerekmektedir.

### Kaynaklar

1. Schäfer W, Abrams P, Liao L, et al. Good urodynamic practices: Uroflowmetry, filling cystometry, and pressure flow studies. *Neurourology and Urodynamics* 2002;21(3):261-274. <https://doi.org/10.1002/nau.10066>
2. Rowant CD, James ED, Kramer AE, et al. Urodynamic equipment: technical aspects. *Journal of Medical Engineering & Technology* 1987;11(2):57-64 <https://doi.org/10.3109/03091908709062796>
3. Mastrigt R van. Urodynamics: art or science? In ESPU Course on Pediatric Urodynamics, Utrecht 1994: 9-20.
4. Abrams P, Cardozo M, Fall M, et al. The standardisation of terminology in lower urinary tract function: Report from the standardisation sub-committee of the International Continence Society. *Urology* 2003;61:37-9. [https://doi.org/10.1016/S0090-4295\(02\)02243-4](https://doi.org/10.1016/S0090-4295(02)02243-4)
5. Drzewiecki BA, Bauer SB. Urodynamic testing in children: indications, technique, interpretation and significance. *The Journal of Urology* 2011;186(4):1190-1197. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2011.02.2692>
6. Hjälmås K. Urodynamics in normal infants and children. *Scandinavian journal of urology and nephrology. Supplementum* 1987;11420-27.
7. Cooper MA, Fletter PC, Zaszczurynski PJ, et al. Comparison of air charged and water filled urodynamic pressure measurement catheters. *Neurourology and*

*Urodynamics* 2011;30(3):329-334.

<https://doi.org/10.1002/nau.20991>

8. Lose G, Griffiths D, Hosker G, et al. Standardisation of urethral pressure measurement: Report from the standardisation sub-committee of the International Continence Society. *Neurourol Urodyn* 2002;21:258-60. <https://doi.org/10.1002/nau.10051>
9. Hok B. Dynamic calibration of manometer systems. *Med Biol Eng* 1976;14:193-198. <https://doi.org/10.1007/BF02478747>
10. Lotze PM. A comparison of external transducers and microtransducers in urodynamic studies of female patients. *Current Urology Reports* 2005;6(5):326-334. <https://doi.org/10.1007/s11934-005-0048-8>
11. Gammie A, Clarkson B, Constantinou C, et al. International Continence Society guidelines on urodynamic equipment performance. *Neurourology and Urodynamics* 2014;33(4):370-379. <https://doi.org/10.1002/nau.22546>
12. Lorenzo AJ, Wallis MC, Cook A, et al. What is the variability in urodynamic parameters with position change in children? Analysis of a prospectively enrolled cohort. *J Urol* 2007;178:2567. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2007.08.047>
13. Özgürbüz N, Khorshid L, Eşer İ, et al. Pediatrik ürodinamide üretral kateterin idrar akım değerlerine etkisi. *Çocuk Cerrahisi Dergisi* 2008;22(3):133-137.
14. Bael A, Lax H, de Jong TP, et al. The relevance of urodynamic studies for urge syndrome and dysfunctional voiding: a multicenter controlled trial in children. *J Urol* 2008;180:1486. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2008.06.054>
15. Hellstrom PA, Tammela TL, Kontturi MJ, et al. The bladder cooling test for urodynamic assessment: Analysis of 400 examinations. *Br J Urol* 1991;67:275-279. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.1991.tb15134.x>
16. Abrams P, Blaivas JG, Stanton SL, et al. The standardization of terminology of lower urinary tract function. *Scand J Urol Nephrol Suppl* 1988;114:5-19.
17. Tekgül S, Riedmiller H, Dogan HS. EAU guidelines on Paediatric Urology. In EAU Annual Congress Milan. 2013.
18. McGuire EJ, Savastano JA. Stress incontinence and detrusor instability. *Neurourol Urodyn* 1985;4:313. <https://doi.org/10.1002/nau.1930040408>
19. O'Donnell PD. Electromyography. In: Nitti VW, editor. *Practical urodynamics*. Philadelphia: Saunders; 1998. 65-71.
20. Mahajan ST, Fitzgerald MP, Kenton K, et al. Concentric needle electrodes are superior to perineal surface-patch electrodes for electromyographic documentation of urethral sphincter relaxation during voiding. *BJU Int* 2006;97:117-120. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2006.05890.x>
21. Barrett DM, Wein AJ. Flow evaluation and simultaneous external sphincter electromyography in clinical urodynamics. *J Urol* 1981;125(4):538-541
22. Abrams P, Torrens MJ. Urethral closure pressure profiles in the male. *Urol Int* 1977; 32:137-145. <https://doi.org/10.1159/000280123>
23. Abrams P. The urine flow clinic. In Fitzpatrick JN (ed) *Conservative treatment of BPH Edinburgh: Churchill Livingstone* 1991:33-43.
24. McGuire EJ, Cespedes RD, Cross CA, et al. Videourodynamic studies. *Urol Clin North Am* 1996;23:309-321. [https://doi.org/10.1016/S0094-0143\(05\)70313-X](https://doi.org/10.1016/S0094-0143(05)70313-X)