

새로 개발된 자연충만 방광내압측정기를 이용한 신경인성 방광의 평가

-증례 보고-

아주대학교 의과대학 재활의학교실

윤승현 · 이일영 · 김승환 · 이영섭 · 나은우 · 임신영

Evaluation of Neurogenic Bladder with Newly Developed Natural-fill Cystometric Device

-Cases report-

Seung Hyun Yoon, M.D., Il Yung Lee, M.D., Seung Hwan Kim, M.D., Young Seop Lee, M.D., Ueon Woo Rah, M.D. and Shin Young Yim, M.D.

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Ajou University School of Medicine

We developed a new, affordable, and easy-to-use natural-fill cystometric device to overcome the limitation of conventional cystometry, long been criticized for being unphysiological. The device was composed of one transurethral catheter, one rectal catheter, two digital manometers, and a portable computer. The transurethral and rectal catheters were connected to manometers, which were then connected to the computer. Three persons with neurogenic bladder were recruited for testing the device. To shorten the test

duration, we gave patients 500 ml water before the test. As urine filled inside the bladder, the transurethral and rectal catheters transmitted respectively the intravesical and abdominal pressures to the digital manometers. The pressures were stored within the portable computer and turned into graphs indicating pressure changes. The natural-fill cystometry is thought to be a physiological test that is affordable and convenient because of its simple structure and small size. (J Korean Acad Rehab Med 2006; 30: 195-198)

Key Words: Urodynamic study, Natural-fill cystometry, Neurogenic bladder

서 론

방광내압측정은 요류동태 검사의 기본이 되는 검사로서, 방광의 충만과 배뇨 시에 일어나는 압력 변화를 기록하면서 방광의 용적, 지각력, 수축력, 배뇨근의 수의 조절력 등의 방광 기능을 검사한다.^{1,2)} 방광내압측정법은 비뇨기과 뿐만 아니라 재활의학 영역에서도 흔히 접하는 척수 손상과 뇌졸중 후 발생하는 신경인성 방광의 평가에 필수적인 검사이다.³⁾ 그러나 검사기계의 부피가 크고 고가여서 그 사용이 매우 제한적이었다. 또한 방광을 충만시키는 액체가 실제 소변이 아니므로 충만 액체의 온도가 체온과 같지 않고, 생리적인 충만 속도와 다르며, 검사를 위해 피검자가 검사실로 이동해야 하므로 낮은 환경에 노출되는 점들이 방광내압측정에 영향을 줄 수 있기 때문에 방광의 실제 상태를 정확하게 반영하지 못한다. 이러한 단점을 줄이기 위해 국외에서는 보행성 요류동태 검사기(ambulatory urodynamic

device)가 개발되어 사용되고 있으나, 고가라는 점 때문에 국내에서는 많이 보급되지 않고 있는 실정이다.

저자들은 요류동태 검사의 핵심 기능인 방광내압의 측정이 가능하고 구조가 단순하여 제작에 비용이 적게 들면서도 생리적이며 환자의 침대 옆에서 쉽게 사용 가능한 새로운 자연충만 방광내압측정기를 제작하였으며 이를 소개하고자 한다.

증 례

1) 자연충만 방광내압측정기의 구성

저자들이 제작한 자연충만 방광내압측정기는 크게 요도관(2-lumen transurethral catheter 8 Fr, Medtronic, Denmark)과 직장도관(2-lumen rectal balloon catheter 12 Fr, Medtronic, Denmark), 2개의 디지털압력계(AZ8200 RS232 Manometer, AZ Instrument, Taiwan), 휴대용 컴퓨터의 4부분으로 구성되어 있다. 방광내압(intravesical pressure)을 측정하기 위해 요도관은 방광에, 복압(abdominal pressure)을 측정하기 위해 직장도관은 직장에 삽입시키고, 이들을 2개의 디지털압력계에 각각 연결시켰다. 이용된 디지털압력계는 의료·산업용으로, 측정빈도 1 Hz, 측정범위 0~350 cmH₂O였다. 디지털압력계를 RS232-USB 변환기를 이용하여 휴대용 컴퓨터의

접수일: 2005년 8월 31일, 게재승인일: 2006년 2월 13일
교신저자: 윤승현, 경기도 수원시 영통구 원천동 산5
☎ 443-749, 아주대학교 의과대학 재활의학교실
Tel: 031-219-5802, Fax: 031-219-5798
E-mail: shyhome@nate.com

USB 단자에 연결시켰다(Fig. 1). 방광내압과 복압의 차이를 계산하여 배뇨근압(detrusor pressure)을 산출하였고, 세 가지 압력의 변화를 그래프로 표시하기 위하여 Office Excel 2003 (Microsoft) 프로그램을 사용하였다.

2) 자연충만 방광내압측정기의 정밀도 측정

자연충만 방광내압측정기를 이용하여 측정한 압력이 정확한지 알아보기 위해 표준화된 압력 측정기기가 있는 기관에 정밀도 시험을 의뢰하였다. 디지털압력계의 정밀도는 $\pm 0.3\%$ at full scale at 25°C 였으며, 요도관과 직장도관을 디지털압력계에 연결한 후 자연충만 방광내압측정기를 작동시켜 측정한 정밀도는 $\pm 0.41\%$ at full scale at 25°C (2005년 6월, 국방과학연구소계측)였다.

3) 자연충만 방광내압측정기를 이용한 방광 기능 평가

(1) 검사 방법: 신경인성 방광을 가진 2명의 척수 손상 환자와 1명의 뇌졸중 환자를 대상으로 검사를 시행하였다. 요도관을 디지털압력계에 연결하고 영점조정을 시행한 후, 검사 대상 환자의 방광을 완전히 비우고 요도관을 삽입하였

다. 직장도관을 디지털압력계에 연결한 후 복압의 변화가 디지털압력계로 잘 전달되도록 풍선(balloon)에 5 ml의 생리식염수를 채우고 영점조정을 시행한 후 직장도관을 직장에 삽입하였다. 검사도중 환자의 움직임에 의해 요도관과 직장도관이 빠지지 않도록 이들 도관을 환자의 넓적다리 안쪽에 고정시켰다. 빠른 소변 생성을 위해 검사 시작과 함께 환자에게 500 ml의 물을 먹도록 한 후 침대에 누운 자세에서 압력 측정·기록을 시작하였다. 압력 측정 도중 디지털압력계의 위치는 환자의 치골결합위치가 되도록 하였고, 환자가 침대 위에서 자세를 바꾸는 정도의 활동은 허락하였다.

방광 기능 평가를 위하여, 방광내압 및 복압과 함께 방광용적을 측정하였다. 방광용적은 배뇨량과 잔뇨량의 합으로 추정하였다. 배뇨한 소변을 누수하지 않고 가능하면 정확하게 측정하기 위하여 환자의 엉덩이 아래 매트형 기저귀를 깔도록 한 후 저울을 이용해 배뇨 전후의 기저귀 무게 변화를 측정하여 배뇨량을 파악하였다. 배뇨 후에는 즉시 도뇨관을 방광 내 삽입하여 남아있는 잔뇨량을 측정하였다. 1명의 뇌졸중 환자에게는 기침을 자주 하도록 하여, 기침에 의한 복압 상승이 디지털압력계에 잘 전달되는지 알아보도록 하였다.

(2) 검사 결과: 방광 내 소변이 생성되면서 방광내압이 요도관을 통해 디지털압력계로 전달되었고, 복압의 변화가 직장도관을 통해 또 다른 디지털압력계로 전달되었다. 디지털압력계에서 측정된 방광내압과 복압을 휴대용 컴퓨터를 통해 연속적으로 기록하고 배뇨근압을 계산하였다. 시간에 따른 배뇨근압, 방광내압, 복압의 변화를 그래프로 표시할 수 있어 방광 기능 평가가 가능하였다. 또한 기기의 크기가 작아 환자의 침대 옆 공간에서도 충분히 검사할 수 있었다.

① 41세 된 흉수 손상 여자 환자(미국척수손상협회 기준 A등급)는 평소 요의를 느끼지 못하고 간헐적 도뇨법으로 방광을 관리해 왔으나 하루 수 차례 요실금이 있었고 자발적 배뇨는 못하였다. 누운 자세에서 검사를 시작하였으며 검사도중 요의를 느끼지 못하였다. 검사시작 후 36분 54초에 배뇨근압이 증가하면서 첫 불수의적 배뇨가 있었으며 1시간 53분 36초의 총 검사 시간 동안 총 4회의 불수의적 배뇨가 관찰되었다. 검사 중에도 자발적 배뇨는 하지 못하

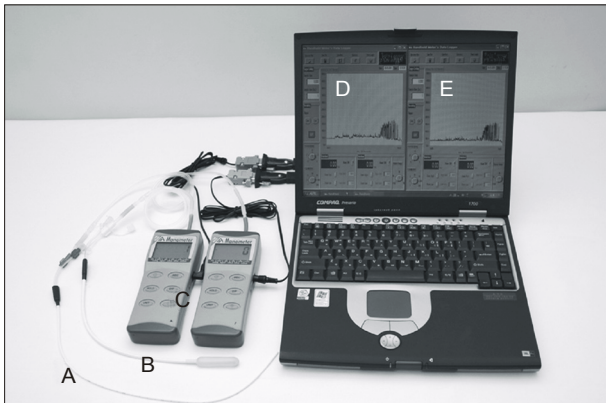


Fig. 1. Natural-fill cystometric device was composed of one transurethral catheter (A), one rectal balloon catheter (B), two digital manometers (C), and a portable computer (intravesical pressure (D) and abdominal pressure (E) displayed on screen).

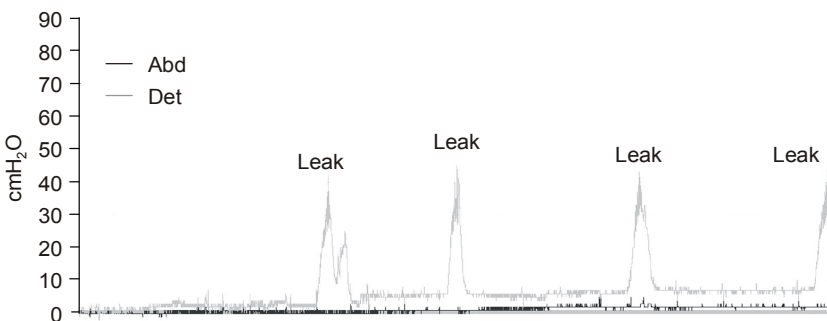


Fig. 2. Natural-fill cystometry tested on a woman with spinal cord injury. Gray trace showed detrusor pressure ('Det' on screen) and black trace showed abdominal pressure ('Abd' on screen). Four leaks occurred during the test.

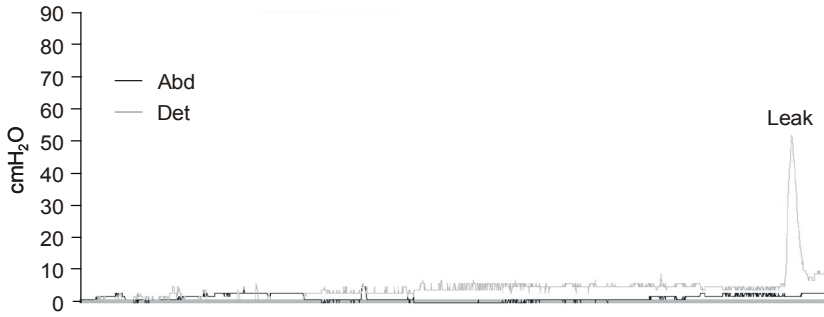


Fig. 3. Natural-fill cystometry tested on a man with spinal cord injury. Detrusor pressure (gray trace) was under 10 cmH₂O during filling phase and over 50 cmH₂O during voiding.

였으며 최대 배뇨근압은 48 cmH₂O였다. 검사 동안 총 요실금량은 400 ml이었으며 잔뇨량은 170 ml이었다(Fig. 2).

② 42세 된 경수 손상 남자 환자(미국척수손상협회 기준 A등급)는 평소 요의를 느끼지 못하고 간헐적 도뇨법으로 방광을 관리해 왔으며 요실금은 없었다. 누운 자세로 검사를 시작하였으며 검사도중 요의는 느끼지 못하였고 총 36분 10초 동안 검사가 진행되었다. 충만기 동안 배뇨근압은 10 cmH₂O 이하로 배뇨근 불안정은 없었다. 검사 시작 34분 19초 후 불수의적 배뇨를 하였다. 배뇨량은 200 ml였으며 잔뇨량은 250 ml였다(Fig. 3).

③ 연하곤란이 없고 간이정신상태검사 25/30점으로 비교적 인지기능이 양호한 78세의 뇌졸중 여자 환자는 평소 급박뇨, 요실금은 없었으나 빈뇨가 있었다. 누운 자세로 검사를 시작하였으며 검사 시작 후 52분경 요의가 느껴진다고 하여 평소처럼 배뇨해 볼 것을 지시하자 52분 46초에 140 ml를 배뇨하였고, 배뇨근압은 34 cmH₂O였다. 배뇨 후 잔뇨는 10 ml 이하였다. 총 검사시간 53분 32초 중 자발적 배뇨가 일어난 후반 21분 동안 배뇨근압, 방광내압, 복압을 그래프로 표시하였다(Fig. 4). 환자가 기침을 할 때 방광내압과 복압이 동시에 상승하여 배뇨근압의 변화는 미미하였다. 이로써 자연충만 방광내압측정기가 복압의 변화를 잘 반영함을 알 수 있었다.

고 찰

기존의 역행성 방광내압측정법은 비생리적이라는 비판을 받아왔고 이를 극복하기 위한 많은 노력이 있었다. 실온의 식염수 대신 체온의 소변으로 방광을 채우고, 일상생활을 하면서 방광내압을 측정하며, 반복적인 방광 충만과 배뇨를 통해 하부 비뇨기계의 정보를 얻을 수 있는 방법에 대한 연구가 진행되어 왔다. 1963년에 방광 내에 소형의 전파 전달 장치를 삽입시키고 외부 수신기에서 신호를 받아 방광압을 기록하는 초기 보행성 요류동태 검사기가 개발되었고,⁸⁾ 이후 방광에 유체충만형 도관(fluid-filled catheter)을 삽입하고 이를 외부 수신기와 저장 장치에 연결한 보행성 요류동태 검사기가 발표되었다.⁷⁾ 그러나 이러한 유체충만형 도관은 움직임에 의한 신호 오류가 잘 발생한다는 단점

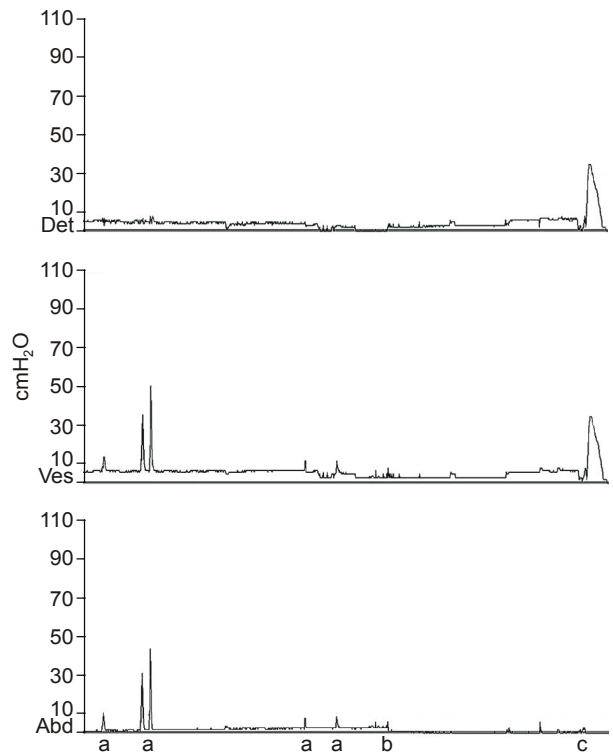


Fig. 4. A natural-fill cystometry trace in a woman with stroke showing the sequence of a, cough, b, position change (supine to turning on her right side) on bed, c, voluntary void. Minimal changes in detrusor pressure were noted when the patient coughed.

이 있었다.⁶⁾ 이후 발표된 보행성 요류동태 검사기는 소형 압력 변환장치를 도관 끝에 달아(microtransducer catheter) 환자의 움직임에도 영향을 받지 않고, 부피가 작고 장시간 저장이 가능한 소형 이동성 저장장치를 적용하였으며,⁵⁾ 현재 상용화되어 이용 중이다.

국내에서는, 역행성 방광내압측정법의 비생리적 한계를 극복하기 위한 시도가 있었고,¹⁾ 보행성 요류동태 검사기 사용에 대한 보고가 있었으나²⁾ 비용 문제로 널리 이용되지 못하고 있는 실정이다. 저자들은 앞서 이동성이 우수하며 사용이 간편한 휴대용 방광내압측정기를 이미 발표한 바 있으나,³⁾ 이 역시 역행성 방광내압측정법의 비생리적인 한

계를 가지고 있어 이를 극복하고자 본 자연충만 방광내압 측정기를 개발하였다.

저자들이 개발한 기기의 제한점으로 첫째, 방광내압과 복압 측정을 위해, 최근의 보행성 요류동태 검사기에서 이용되는 microtransducer catheter 대신 유체충만형 도관을 사용하였다는 점이다. 유체충만형 도관은 microtransducer catheter에 비하여 구조가 단순하여 고장이 적고 가격이 저렴한 장점이 있으나 방광내압이나 복압의 전달이 소변 혹은 물 등의 유체로 채워진 도관을 통해 전달되므로 환자나 장비가 움직이는 경우 유체의 움직임에 의한 신호 오류가 발생할 수 있다.⁶⁾ 그러나 걷거나 뛰는 상태가 아닌, 침대 위에서 활동 중인 환자를 대상으로 검사를 할 때는 이러한 움직임에 의한 신호 오류가 크지 않을 것으로 생각된다. 실제로 3명의 환자를 대상으로 검사를 시행하면서 침대 위에서 앉거나 옆으로 돌아눕는 정도에서는 움직임에 의한 신호 오류가 크지 않았다. 따라서 재활의학 영역에서 쉽게 접하는 척수손상과 뇌졸중 후 발생하는 신경인성 방광의 평가에 사용하는데 큰 무리가 없을 것이라고 생각한다.

둘째, 기존의 요류동태 검사법에 비하여 정확한 방광용적 측정이 어렵다는 점이다. 저자들은 방광 기능 평가를 위해 방광압력과 함께 방광용적을 측정하였다. 재활의학 영역의 신경인성 방광을 가진 대상자들의 많은 수가 자발적 배뇨가 어려우며 심지어 누워서 배뇨를 하는 경우도 있으므로 요실금되는 소변을 정확하게 모으기가 어렵다. 저자들은 요실금량 측정을 위해 매트형 기저귀를 깔고 검사하도록 한 후, 검사 전후의 기저귀 무게 변화를 측정하였다. 이러한 방법은 배뇨량이나 요실금량이 많은 경우 요 손실의 가능성이 높아 정확한 방광용적 측정이 어려워진다. 또한 본 연구의 흉수 손상 여자 환자의 경우, 반복적인 불수의적 배뇨와 배뇨근압의 상승을 관찰하기 위해 1회 배뇨 후에도 지속적으로 배뇨근압을 관찰하였다. 이렇게 1회 배뇨 후 즉시 잔뇨량을 측정하지 않고 지속적으로 관찰하는 경우에는 방광용적을 측정할 수 없다는 단점이 있다.

셋째, 기존의 요류동태 검사방법에 비해 시간이 많이 걸린다는 점이다. 기존의 역행성 요류동태 검사는 대개 분당 30 ml에서 50 ml 정도의 속도로 생리식염수를 방광 내에 주입하므로 500 ml의 용적을 가진 방광을 채우기 위해 필요한 시간은 10분에서 16분 정도이다. 자연충만 방광내압 측정기를 이용하여 검사하는 경우, 생성된 소변에 의해 방광이 충만되는 시간이 필요하기 때문에 기존의 역행성 요류동태 검사에 비해 검사 시간이 길어지게 된다. 이러한 단점을 줄이기 위해 저자들은 환자로 하여금 검사 시작과 함께 물 500 ml를 마시게 하여 검사에 걸리는 시간을 줄이고자 하였다. 그러나 3명의 대상 환자들이 물을 먹었음에도 불구하고 1회의 요누출 혹은 배뇨까지 걸린 시간은 각각 36분 54초, 34분 19초, 52분 46초로 역행성 요류동태 검사의 1회 검사 소요시간(10분에서 16분)에 비하여 길었다. 만약 연하

곤란이 있어 물을 먹기 어려운 경우나 신장 기능이 떨어진 환자라면 방광 충만에 걸리는 시간이 더욱 길어질 것이다.

넷째, 상용화된 보행성 요류동태 검사기는 착용한 상태에서 일상생활을 하면서 여러 번의 반복적인 방광 충만과 배뇨를 해야 하기 때문에 저장장치를 어깨에 걸거나 허리에 차고 다닐 수 있을 정도로 휴대성이 좋고, 방광내압측정뿐 아니라 요도내압 측정이 가능하고, 전자 기저귀를 이용한 배뇨 행위 기록 등이 가능하다는 장점이 있다.⁶⁾ 이에 비해 저자들이 개발한 자연충만 방광내압 측정기는 휴대성이 떨어지고 요도내압 측정이 불가능하다. 향후 디지털기기의 근거리 접속이 가능한 무선 블루투스 기술을 이용하여 도관과 디지털압력계를 무선 연결하고, 휴대용 컴퓨터 없이 자료를 직접 압력계에 저장시킬 수 있게 된다면 부피가 작아져 이동성은 좋아지면서도 사용은 더욱 간편해질 것으로 기대한다.

저자들이 고안한 자연충만 방광내압측정기는 상기에서 나열한 여러 가지 제한점에도 불구하고 기존의 방광내압측정기와는 달리 환자의 소변으로 배뇨근압측정이 가능하여 생리적이었고, 구조가 단순하여 적은 비용으로 제작할 수 있었으며, 부피가 작아 환자의 침대 옆에서 이용할 수 있었다. 따라서 새로운 자연충만 방광내압측정기는 재활의학 영역의 신경인성 방광평가에 유용할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) 고희윤, 박호준, 김 훈, 신용범, 이종언: 외부 주입과 이노계를 사용한 소변 형성에 의한 방광 내압 측정법의 비교. 대한재활 의학회지 1999; 23: 948-953
- 2) 박관진, 박은찬, 임대정, 강정운, 백민기, 김광명, 최 황: 소아 환자에서의 이동성 요역학검사(ambulatory urodynamic study)의 초기경험. 대한배뇨장애 및 요실금학회지 1999; 3: 133-134
- 3) 윤승현, 오형석, 이일영, 나은우, 문혜원, 정도영: 휴대용 방광 내압 측정기의 유용성. 대한재활의학회지 2000; 24: 463-468
- 4) 이성재: 신경인성 방광 및 장. In: 김진호, 한태륜, editors. 재활 의학, 제2판, 서울: 군자출판사, 2002, pp303-316
- 5) Bhatia NN, Bradley WE, Haldeman S, Johnson BK: Continuous monitoring of bladder and urethral pressures: new technique. Urology 1981; 18: 207-210
- 6) Heslington K: Ambulatory bladder monitoring: is it an advance? Br J Urol 1997; 80(suppl 1): 949-953
- 7) Thuroff JW, Jonas U, Frohneberg D, Petri E, Hohenfellner R: Telemetric urodynamic investigations in normal males. Urol Int 1980; 35: 427-434
- 8) Warrell DW, Watson BW, Shelley T: Intravesical pressure measurement in women during movement using a radio-pill and an air-probe. J Obstet Gynaecol Br Commonw 1963; 70: 959-967
- 9) Webster GD, Kreder KJ: The neurourologic evaluation. In: Walsh PC, Retik AB, Vaughan ED, Wein AJ, editors. Campbell's urology, 7th ed, Philadelphia: Saunders, 1998, pp927-952