

휴대용 삼차원 초음파 측정기를 이용한 방광용적 측정에서 측정각도에 따른 정확도와 진단적 가치

The Accuracy and Diagnostic Value of Three-Dimensional Portable Bladder Volume Measurement System in the Measurement of Bladder Volume according to the Different Angling of Ultrasound Transducer

Yong-Jin Kim, Hun-Jae Lee¹, Tack Lee

From the Departments of Urology, ¹Social and Preventive Medicine, Inha University College of Medicine, Incheon, Korea

Purpose: The accuracy and reliability of a three-dimensional portable ultrasound bladder volume measurement system (BVMS), under two different angles (90° or 60° from cranial abdomen), for estimating the bladder volume was assessed.

Materials and Methods: Ultrasonographic studies of the bladder volume, using a newly developed portable (2.4 kg) BVMS (BioCon-500, Mcube Technology, Korea), with real bladder images, were conducted on 154 patients (29-77 years old; M:F=116:38), at angles of 90 and 60 degrees, on the abdomen 2 cm above the symphysis pubis. This ultrasound-estimated volume was compared with the immediately catheterized volume. Comparison of BVMS estimated volumes with the catheterized volumes was performed according to the angles using the Pearson correlation coefficient, intra-class correlation coefficient (ICC) concordance and fractional absolute error (FAE).

Results: Good agreement between the BVMS estimated and catheterized volumes was found for both angles (60: $r=0.986$, $p<0.001$, $ICC=0.965$; 90°: $r=0.931$, $p<0.001$, $ICC=0.992$). Although this was not significant, the linear correlation of the 60 degree estimation values seems to be higher than for those obtained at 90 degree's. Various factors, such as age, sex, body mass index (BMI) and diagnosis, showed no correlation with the difference between the catheterized and BVMS estimated bladder volumes.

Conclusions: Volume estimation using this BVMS is recommended as an alternative to catheterization for the determination of the bladder volumes both before and after voiding. The volume estimation of the transducer at 60 degrees, rather than that at 90 degrees, is recommended due to the field of view (FOV) limitation on ultrasound. However, these results demonstrate the need to standardize these procedures for volume estimations using BVMS. (Korean J Urol 2006;47:1320-1326)

Key Words: Bladder, Ultrasonography, Urine, Reliability and validity

대한비뇨기과학회지
제 47 권 제 12 호 2006

인하대학교 의과대학 비뇨기과학교실,
¹사회의학교실

김용진 · 이훈재¹ · 이 택

접수일자 : 2006년 6월 19일
채택일자 : 2006년 10월 2일

교신저자: 이 택
인하대학교병원 비뇨기과
인천광역시 중구 신흥동 3가
7-206
☎ 400-711
TEL: 032-890-2360
FAX: 032-890-2363
E-mail: lt11@inha.ac.kr

이 연구는 산업자원부에서 시행한 산업기술
개발사업 지원으로 이루어짐.

서 론

배뇨 후 방광 내에 남아 있는 잔뇨의 의미는 신경적 혹은 비신경적 원인에 의한 방광의 기능이상을 의미하는 중요한

징후 (sign)로서,^{1,2} 비뇨기과 영역에서 가장 중요한 검사자료의 하나이다. 방광 내 도뇨관 삽입에 의한 배출요량을 직접 측정하는 것이 가장 정확하고 전통적으로 많이 사용되어져 오던 방법이지만, 이는 환자들에게 불편감을 줄 뿐만 아니라 요로감염, 요로 손상 등의 합병증을 일으킬 수 있

고,^{1,3,5} 배뇨에 대한 검사의 특성상 여러 번 측정하여야 하는 성격에 부합하지 않아 최근에는 환자에서 잔뇨의 제거가 꼭 필요치 않은, 진단만을 위한 경우에는 비침습적 방법의 하나인 초음파를 가장 많이 사용하고 있다.

초음파는 배뇨장애 환자들을 발견하기 위한 일차 진단에 매우 중요한 도구로서 단순하면서도 빠르고, 비침습적이어서 통증을 유발하지 않으며, 재현성이 뛰어난 장점을 가진다.^{6,7} 그러나 이에 비해 아직도 정확도가 떨어질 수 있는 많은 문제점들이 상존하고 있는데,^{8,9} 크게 세 가지로 첫째 초음파 기계의 내부적인 문제, 둘째 피검사자들의 요인과 셋째 초음파를 시행하는 검사자들의 기술적인 문제로 요약될 수 있다. 가장 먼저 초음파 기계의 대표적인 내부적 문제는 현재 초음파 측정 시 사용되는 타원형 방광에 대한 용적 공식이 10가지도 넘게 존재하지만, 실제 다양한 형태의 방광모양과 차이가 있어 아직 어떠한 공식이 가장 정확한지 알려져 있지 않다는 것이다.^{2,10,11} 하지만 이것은 주로 기존의 B-mode 초음파를 사용하였을 때의 문제점이고, 최근에는 삼차원 초음파의 출현으로 정확도가 상당부분 향상되었다.¹⁰ 두 번째 요인은 환자의 몸무게나 복부비만의 정도, 방광자체의 모양 등 여러 특성들 때문에 방광용적 측정값의 오류가 생길 수 있는 것으로, 이는 환자들 자체의 다양한 변이를 뜻한다.¹² 세 번째 요인은 초음파 측정 시 검사자에 따른 차이, 즉 초음파 식자를 하복부에 대는 위치와 측정하는 각도에 따라 충만 또는 배뇨 후의 방광 모양을 정확하게 초음파 화면에 모두 담을 수 없는 문제점을 말한다.² 처음 두 요인들에 대한 연구들은 많이 시행되어 많은 부분들이 밝혀져 있으나, 세 번째 요인에 대하여는 아직 연구된 바가 거의 없는 실정이다. 실제로 방광용적 측정 시 외래에서는 의료인 이외에 비의료인이 시행하는 경우가 많아 측정용적 오차의 주요 원인이 될 가능성이 높다.

본 연구에서는 일반 비뇨기과 영역의 배뇨장애 환자들을 대상으로 새로운 삼차원 초음파 (바이오콘-500, 엠큐브 테크놀로지, 한국)의 정확도와 신빙성을 관찰하였으며, 방광의 용적을 상기의 새로운 초음파 기기로 측정하여, 환자 자체의 다양한 변이에 의한 오차와 검사자에 의한 오차들을 비교 분석하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 장비와 도구

사용한 초음파 방광용적측정기는 삼차원 초음파 방식을 사용하는 방광용적측정기 (바이오콘-500, 엠큐브 테크놀로지, 한국)로 3-Dimensional mechanical sector probe를 이용하여 12개의 단면을 초음파로 스캔하고 이로부터 얻어진 12장의 영상을 이용하여 방광체적을 계산하는 방식이다 (Fig. 1). 본 기기는 어른 주먹 크기의 더듬자와 실제 초음파 화면이 표시되는 스크린이 있으며, 스캐너 작동 시 연속적으로 주사 (scanning)되면서 계산된 방광용적이 자동적으로 스크린에 표시된다 (Fig. 2).

2. 연구대상

2004년 3월부터 2005년 2월까지 본원 비뇨기과에 입원한 환자와 외래 방문한 환자 중 하부요로증상으로 요역동학검사를 시행 받는 환자 154명을 대상으로 하였으며, 그 중 남자는 116명, 여자는 38명이었다. 환자들의 나이는 평균 47.6 ± 11.6 세 (29-77)였으며, 몸무게는 67.7 ± 10.6 kg (50-88), BMI는 24.4 ± 3.8 kg/m² (16.1-34.7)였다. 기저 질환으로는 신경인성방광이 108명, 전립선비대증 6명, 복압성요실금 19명, 과민성방광 환자 21명이었다. 환자들 중 심한 방광의 기형을

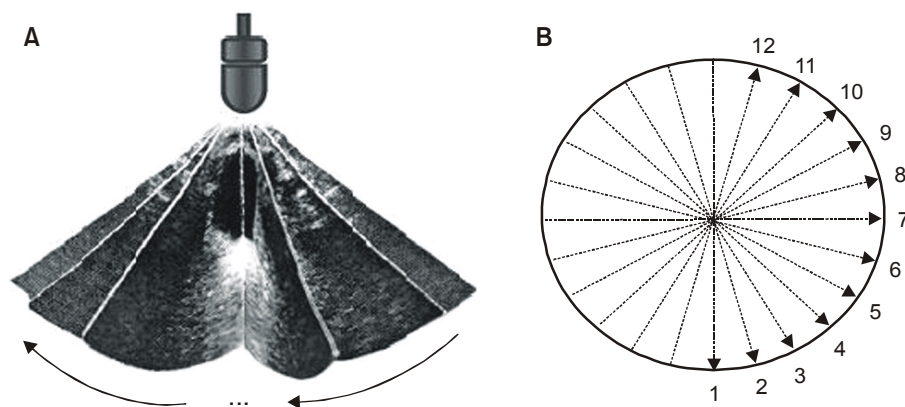


Fig. 1. Three dimensional integration process. Activating the scanning probe (A) generates 12 images, each at 15 degree angles to the adjacent image (B).

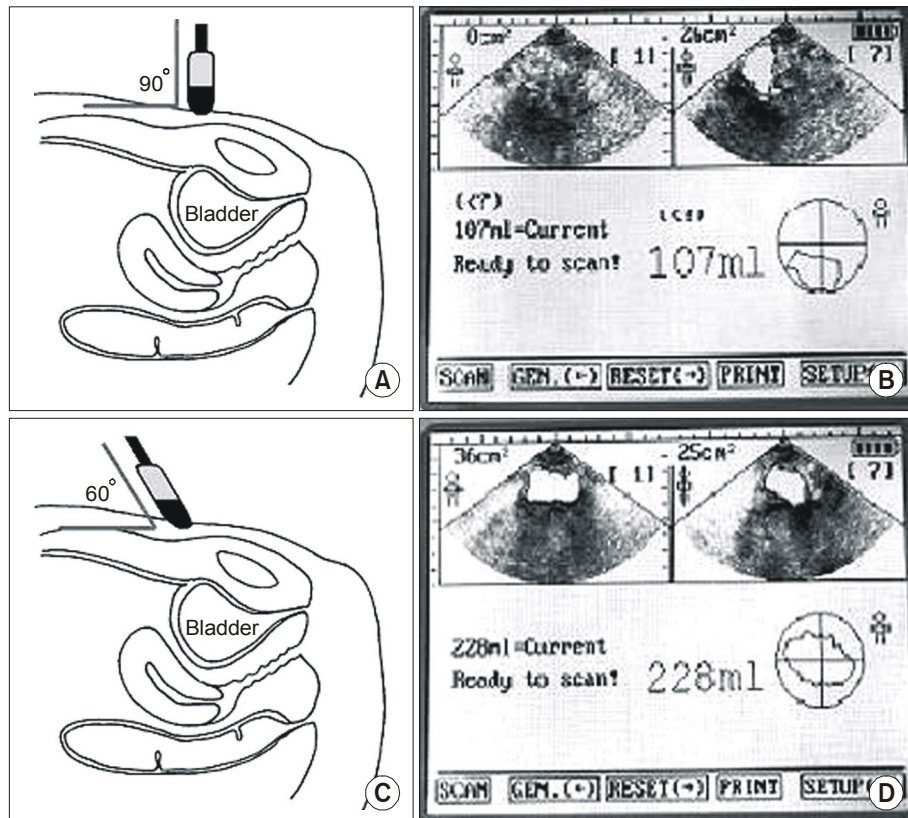


Fig. 2. The definition of ultrasonic transducer angulation and the display panel showing the actual bladder images according to the angulation. (A) 90 degree angulation. (B) Display panel of 90 degree scanning. (C) 60 Degree angulation. (D) Display panel of 60 degree scanning. Twelve images acquired in twelve planes are included in the volume determination using an integration process.

가지거나 수신증이 있는 경우는 제외하였다. 연구는 본 대학교 윤리위원회에서 이 연구의 프로토콜에 대한 승인을 받고 연구를 시행하였다.

3. 연구방법

대상 환자들은 요역동학검사 직전 초음파로 치골상부에 서 두 개의 각도로 (Fig. 2) 방광용적을 측정하고, 바로 도뇨를 시행 후 요량을 측정하여 이를 진성 방광용적으로 정의하였으며, 이후 요역동학검사를 진행하였다. 전체 154명에서 총 388회의 초음파를 이용한 방광용적 측정 중, 308회 측정은 60도와 90도로 각각 측정하였고, 나머지 80회의 측정은 무작위 선택된 40명의 환자에서 60도와 90도의 각도에서 두 명의 검사자가 측정하여 일치도를 관찰하였다. 환자들의 나이, 신장, 몸무게, body mass index [BMI=body-weight in kg/ (length in meter)²]를 계측하였으며, 요역동학검사를 통하여 원인 질환을 평가하였다.

4. 방광용적 측정방법

검사 전 모든 대상환자에게 검사에 대한 충분한 설명과

사전 동의를 구하였다. 방광용적 측정은 환자를 양와위로 유지하고, 초음파 더듬자 (probe)를 치골상부 정중선에 위치시켜서 복부의 직각과 직각에서 두부방향으로 30도 기울인 두 개의 각도로 (이후 90도, 60도로 명기; Fig. 2) 방광용적을 측정하였으며, 바로 도뇨관을 이용한 도뇨를 시행하여 요량을 측정하였다.

5. 결과 분석방법

통계분석은 SPSS를 이용하여 분석하였으며, 기술통계분석을 통해 각 변수는 평균±표준편차 (또는 범위)로 요약하였다. 도뇨법으로 측정한 잔뇨량과 두 가지 측정각도에 따른 초음파 측정방법의 정확도, 검사자간 일치도는 Student's t-test, Pearson 상관분석과 급내상관분석 (intraclass correlation analysis)으로 평가하였다. 도뇨관으로 측정한 잔뇨량을 참값으로 가정하고, 초음파로 측정한 방광용적의 측정오차를 절대 오차분율 (fractional absolute error; FAE = |도뇨법에 의한 잔뇨량-초음파에 의한 잔뇨량| / 도뇨법에 의한 잔뇨량)로 정의하여, 환자의 나이, 성별, 진단명, 잔뇨량 100ml 기준, BMI에 따른 차이를 Student's t-test와 ANOVA test로

유의성을 검정하였으며, p 값이 0.05 미만인 경우 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

Table 1에서는 전체 환자에서 60도와 90도 각도로 측정된 방광용적과 실제 도뇨법에 의해 측정된 값의 평균값을 보

Table 1. Mean and range values of the true bladder volumes, and the ultrasound measures stratified according to examiner and method

Method by examiner	Mean±SD (ml)	Range (ml)
True bladder volume	196.3±127.1	0-450.0
60 degree probe (by one examiner)	196.4±127.7	0-468.0
90 degree probe (by one examiner)	202.7±122.1	0-459.0

SD: standard deviation

여주고 있으며, Table 2에서는 40명의 환자에서 두 명의 서로 다른 의료인(의사)에 의해 측정된 방광용적의 평균값을 제시하고 있다.

1. 초음파와 도뇨법에 의해 측정된 잔뇨량의 일치도 및 신뢰도

도뇨법에 의하여 측정된 잔뇨량과 60도 기울기로 측정된 초음파 잔뇨량의 Pearson 상관계수와 급내상관계수(ICC)는 각각 0.986과 0.965였다. 이에 반하여 90도 기울기로 측정했을 때의 두 계수는 각각 0.931과 0.992로 나타났다. 즉, 두 각도 모두에서 초음파로 측정된 잔뇨량은 도뇨법에 의하여 측정된 잔뇨량과 매우 뛰어난 수준의 일치도와 신뢰도를 보였다. 도뇨법에 의하여 측정된 잔뇨량과의 선형관련성은 60도에서, 그리고 급내상관계수는 90도에서 다소 높은 경향을 보이기는 하였으나 의미있는 차이는 아니었다(Fig. 3).

2. 초음파에 의해 측정된 잔뇨량의 검사자 간 일치도 및 신뢰도

두 검사자에 의해 초음파로 측정된 잔뇨량 간의 선형관

Table 2. Mean and range values of true bladder volumes, and the ultrasound measures stratified according to two different examiners

40 patients by two examiner	One examiner		The other examiner	
	Mean±SD (ml)	Range (ml)	Mean±SD (ml)	Range (ml)
True bladder volume	234.9±119.8	30-450	234.9±119.8	30-450
60 degree probe	235.2±116.4	40-527	233.0±115.3	50-484
90 degree probe	229.1±118.5	20-468	226.9±119.5	35-459

SD: standard deviation

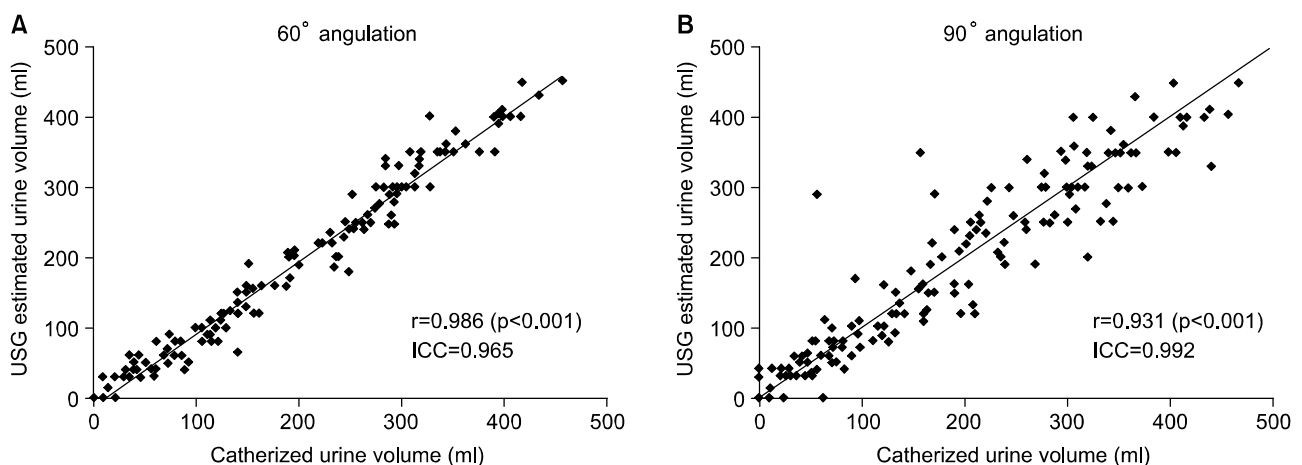


Fig. 3. Scattergram of catheter versus scan volumes, with 60 (A) and 90 (B) degrees. The two volumes are correlated at both 60 and 90 degrees ($p < 0.001$), although the scan volume is consistent. USG: ultrasonography, ICC: intra-class correlation coefficient.

련성과 신뢰도는 60도로 측정된 경우에서 다소 높은 경향을 보이고 있다. 60도와 90도에서의 Pearson 상관계수와 급내상관계수는 각각 0.951과 0.976, 그리고 0.930과 0.965로 두 각도 모두에서 매우 뛰어난 수준의 일치도와 신뢰도를 나타냈다 (Fig. 4).

3. 초음파 측정각도와 환자들의 임상특성에 따른 측정 오차

환자들의 주요 임상특성별 측정오차는 Table 3과 같았다. 두 측정각도 모두에서 도뇨법으로 측정된 방광용적이 100

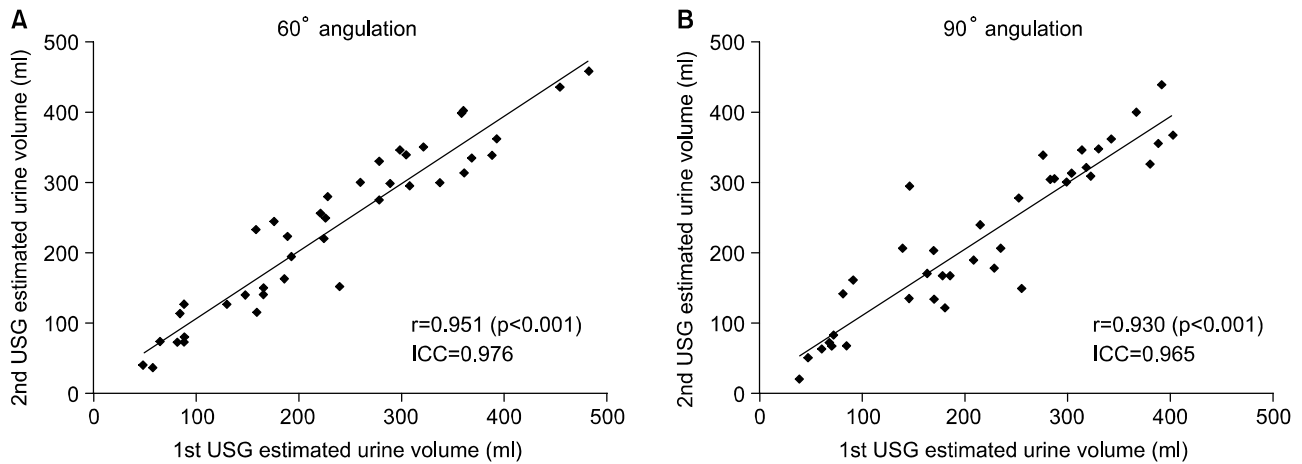


Fig. 4. Scattergram of the ultrasound estimated urine volume by two different medical staff at 60 and 90 degrees. USG: ultrasonography, ICC: intra-class correlation coefficient.

Table 3. Fractional absolute error and statistics of 154 patients according to the patients' factors

	FAE* by USG (60°)		FAE* by USG (90°)	
	Mean (range)	p-value	Mean (range)	p-value
Total (n=154)	0.15 (0-1.25)	—	0.23 (0-1.05)	—
Residual urine volume (ml)				
< 100 (n=47)	0.20 (0-1.25)	<0.001 [†]	0.07 (0-0.39)	<0.001 [†]
≥ 100 (n=107)	0.07 (0-0.39)		0.17 (0-0.81)	
Age group				
< 40 (n=41)	0.15 (0-0.86)	0.997 [‡]	0.25 (0-0.81)	0.195 [‡]
40-49 (n=61)	0.15 (0-1.25)		0.19 (0-1.05)	
≥ 50 (n=52)	0.15 (0.003-0.71)		0.26 (0-1.00)	
Sex				
Male (n=116)	0.13 (0-1.00)	0.224 [†]	0.22 (0-0.81)	0.756 [†]
Female (n=38)	0.20 (0-1.25)		0.24 (0-1.05)	
BMI				
< 25 (n=113)	0.17 (0-1.25)	0.076 [†]	0.23 (0-1.05)	0.554 [†]
≥ 25 (n=41)	0.11 (0-0.71)		0.21 (0-1.00)	
Diagnosis				
NB (n=108)	0.14 (0-1.25)	0.244 [‡]	0.23 (0-1.05)	0.393 [‡]
SUI (n=19)	0.24 (0-1.18)		0.28 (0-1.00)	
BPH (n=6)	0.06 (0.01-0.11)		0.21 (0.02-0.45)	
OAB (n=21)	0.14 (0-1.00)		0.16 (0-1.00)	

FAE: fractional absolute error, USG: ultrasonography, BMI: body mass index, NB: neurogenic bladder, SUI: stress urinary incontinence, BPH: benign prostatic hypertrophy, OAB: overactive bladder. *FAE (fractional absolute error)=| Vol_{true}-Vol_{cal} | / Vol_{true}, [†]calculated by Student's t-test, [‡]calculated by ANOVA test

ml 미만인 경우가 100ml 이상인 경우보다 측정오차가 유의하게 큰 것으로 나타났고 (Student's t-test, $p < 0.001$), 두 측정각도 모두 연령, 성, 체질량지수 (BMI), 원인질환에 따라서는 측정오차의 차이가 유의하지 않았다 (Table 3).

고 찰

잔뇨량 측정에 있어서 현재까지 비침습적이고 정확하게 측정할 수 있는 여러 가지 방법들이 연구되어왔다.^{3,4} 그 중 초음파는 과거 30년 이상 방광의 용적을 측정하기 위해 사용되어지고 있지만 그 정확도와 편리성, 그리고 측정 시 요배출의 필요성 등, 여러 가지 사용상의 제한적인 요소가 아직 남아있다.^{10,13} 도뇨법에 의한 잔뇨 측정은 실제 가장 정확하며, 남아 있는 방광의 요를 배출시킬 수 있는 장점이 있어 방광이나 요도의 이상으로 잔뇨가 많이 남은 환자에서 요를 제거하여 배뇨의 효율성을 높여주는 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 이 방법은 침습적이며 환자에게 부담을 주고 요도손상 및 감염을 야기시킬 수 있다.^{3,5} 또한 도뇨법은 주로 장기간의 하부요로 이상을 가진 전체 배뇨장애 환자들 중 상대적으로 소수인 환자군에서 필요로 한다.⁷ 최근에는 배뇨장애 개념의 확대와 이에 따른 환자군의 증가로 하부요로의 신경이나 방광의 영구손상이 없는 기능 이상의 환자군에서도 잔뇨측정의 필요성이 높아졌으며, 도뇨가 꼭 필요한 환자군을 제외한 모든 배뇨장애 환자군으로 확대되고 있다.^{14,16} 따라서 이런 환자군에서의 초음파 방광용적측정기의 이용이 지속적으로 증가되고 있다. 또한 100ml 이하의 잔뇨뿐만이 아니라 100ml 이상의 용적에서도 측정이 필요한 경우가 많은데, 이 경우 초음파의 효용성이 훨씬 증가 될 수 있다는 것을 의미한다.

과거 초음파로 방광용적을 측정할 때에는 방광이 어떤 기하학적인 모양을 가지고 있다는 가정하에 그 모양에 맞는 공식을 설정하여 계산된 값을 결정하는 것이었지만,⁸ 방광의 모양은 나이, 성별, 질환, 또한 용적에 따라 그 모양이 다를 수 있으며, 따라서 측정 당시의 변화된 모양을 고려하지 않고 용적을 계산하게 되면 많은 오류를 범할 수 있다.² 본 기기와 같이 15도 간격으로 12개의 화면에서 용적을 계산하는 삼차원 초음파를 이용할 경우 위와 같은 오차를 많이 줄일 수 있으며, 실제 다른 연구와 비교하여 볼 때 본 연구는 진성 방광 용적과의 상관계수가 높아 오차를 많이 줄일 수 있었다는 것을 알 수 있었다.^{2,8,17} 또한 기존의 연구들은 주로 환자의 잔뇨 측정에 초점을 맞추어 진행되어 많은 연구들이 100ml 이하의 용적에서 주로 연구되어 왔지만, 최근에는 100ml 이상의 값을 가지는 경우도 정확한 측정값이 요구되고 있는 상황이다. 본 연구에서는 100ml 이하와

그 이상 모두의 경우 진성 방광용적과 높은 상관계수를 보였는데, 오히려 100ml 이상인 경우가 오차가 적은 것으로 나타났다. 단지 오차분율의 특성상 분모에 실제 방광용적이 들어가기 때문에 100ml 이하인 경우 이상인 경우보다 오차분율이 더 과장되어 나타날 수 있는 단점을 고려하여 보면, 100ml 이하와 이상 모두 용적 측정에 적절하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

아직까지 초음파를 이용하여 방광용적을 측정한 연구들에서 초음파 더듬자를 환자 하복부의 정중앙에 위치시킨다는 것 이외에 검사자에 의해 발생할 수 있는 오차 부분, 즉 측정각도에 따른 방광용적 측정기의 정확도 등과 같은 특별한 방법에 대하여는 연구된 바가 없다. 실제로 우리나라의 의료구조 특성상 초음파 방광용적측정기의 사용이 의료인 외에도 보조간호사와 같은 비의료인에 의해서도 많이 이루어지고 있지만, 이런 부분에 대한 지침이 없어 방광용적 측정 결과의 신뢰성에 영향을 미치는 경우가 많다. 실제로 더듬자가 여러 각도로 기울어진 채로 측정되는 경우가 많은데, 초음파 영상에서 빙산 (iceberg) 효과, 즉 빙산처럼 일부분의 방광이 영상면 (field of view; FOV)에서 소실되면서 상당한 오차를 만들 수 있어^{8,11,18} 이런 부분에 대한 정확한 연구가 필요한 상태이다. 본 연구에서는 연구방법에서 정의된 60도와 90도의 각도로 같은 방광용적을 측정을 하였을 때에 모두 도뇨에 의해 배출된 양과 통계적으로 의미 있는 상관성을 보였다. 그러나 실제 잔뇨량과의 선형관련성은 60도로 기울여 측정하였을 때 다소 높은 경향을 보여 60도로 기울여 측정하는 것이 더 정확한 측정을 하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

아직까지 대부분의 초음파 방광용적 측정기들의 단점은 일단 측정을 시작한 후에 방광의 영상이 화면에 나타나기 때문에 빙산 효과를 미리 방지하지 못한다. 그러나 향후의 측정 기기들은 측정 전에 방광영상이 먼저 표시되어 검사자가 빙산효과를 방지함으로써 이에 따른 오차들을 줄일 수 있는 방향으로 보완될 것으로 기대하고 있으며 실제 이런 연구가 진행되어가고 있는 상태이다.

결 론

방광용적 측정에 있어 삼차원 초음파를 이용한 이동식 경복부 초음파의 사용은 도뇨법에 의한 측정과 비슷한 정확도를 보여, 임상적으로 이를 대체하여 사용하도록 추천할 만한 방법이다.

초음파 측정 시 더듬자의 각도는 직각으로 세워 측정하거나 두부 쪽으로 30도 기울여 측정할 때 모두 비교적 높은 정확도를 보였다. 두 군 간에 의미 있는 차이는 보이지 않았

으나 두부쪽으로 30도 정도 기울여 측정하는 것이 다소 높은 선형관련성을 보여 정확도를 높이는 데 있어 도움이 될 수 있는 방법이라 생각한다. 향후 이에 대해 표준화된 결과를 얻기 위해 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각한다.

REFERENCES

1. Simforoosh N, Dadkhah F, Hosseini SY, Asgari MA, Nasser A, Safarinejad MR. Accuracy of residual urine measurement in men: comparison between real-time ultrasonography and catheterization. *J Urol* 1997;158:59-61
2. Bih LI, Ho CC, Tsai SJ, Lai YC, Chow W. Bladder shape impact on the accuracy of ultrasonic estimation of bladder volume. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:1553-6
3. Kim JH, Kim JH, Choi YD. The accuracy of portable ultrasound scanning in the measurement of residual urine volume. *Korean J Urol* 2002;43:933-7
4. Lee JK, Kim SC, Nam SK. Accuracy of residual urine volume determination by ultrasonography. *Korean J Urol* 1994;35:365-9
5. Kim JY, Park JT, Kim SC. The comparison between various formulae for calculating the residual volume by ultrasonography during volume change, and the influence of gender and age. *Korean J Urol* 2004;45:1126-30
6. Hwang JY, Byun SS, Oh SJ, Kim HC. Novel algorithm for improving accuracy of ultrasound measurement of residual urine volume according to bladder shape. *Urology* 2004;64:887-91
7. Bodner DR, Witcher M, Resnick MI. Application of office ultrasound in the management of the spinal cord injury patient. *J Urol* 1990;143:969-72
8. Alnaif B, Drutz HP. The accuracy of portable abdominal ultrasound equipment in measuring postvoid residual volume. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct* 1999;10:215-8
9. Alivizatos G, Skolarikos A, Albanis S, Ferakis N, Mitropoulos D. Unreliable residual volume measurement after increased water load diuresis. *Int J Urol* 2004;11:1078-81
10. Marks LS, Dorey FJ, Macairan ML, Park C, deKernion JB. Three-dimensional ultrasound device for rapid determination of bladder volume. *Urology* 1997;50:341-8
11. Yip SK, Sahota D, Chang AM. Determining the reliability of ultrasound measurements and the validity of the formulae for ultrasound estimation of postvoid residual bladder volume in postpartum women. *Neurourol Urodyn* 2003;22:255-60
12. Hvarness H, Skjoldbye B, Jakobsen H. Urinary bladder volume measurements: comparison of three ultrasound calculation methods. *Scand J Urol Nephrol* 2002;36:177-81
13. Hakenberg OW, Ryall RL, Langlois SL, Marshall VR. The estimation of bladder volume by sonocystography. *J Urol* 1983;130:249-51
14. Lamonerie L, Marret E, Deleuze A, Lember N, Dupont M, Bonnet F. Prevalence of postoperative bladder distension and urinary retention detected by ultrasound measurement. *Br J Anaesth* 2004;92:544-6
15. Bodker B, Lose G. Postoperative urinary retention in gynecologic patients. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct* 2003;14:94-7
16. Bis KG, Slovis TL. Accuracy of ultrasonic bladder volume measurement in children. *Pediatr Radiol* 1990;20:457-60
17. Huang YH, Bih LI, Chen SL, Tsai SJ, Teng CH. The accuracy of ultrasonic estimation of bladder volume: a comparison of portable and stationary equipment. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85:138-41
18. Bent AE, Nahhas DE, McLennan MT. Portable ultrasound determination of urinary residual volume. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct* 1997;8:200-2