

◆ 원 저 ◆

초음파를 이용한 Bladder형태에 따른 잔뇨량 측정의 정확도 연구

김연민* · 박태훈 · 김진혁 · 김수지 · 조다훈 · 허진영 · 한동균
삼성서울병원 영상의학과* · 을지대학교 보건과학대학 방사선학과

A Study on the Accuracy of Measurement of Residual Urine Amount depending on the Bladder form using Ultrasonic

Y.M. Kim* · T.H. Park · J.H. Kim · S.J. Kim · J.D. Hoon · J.Y. Heo · D.G. Han
Samsung Medical Center Department of Radiology* ·
Eulji University College of Health Sciences Department of Radiology

Abstract

This study is to increase the accuracy of the diagnosis of benign prostatic hyperplasia by presenting a method that can accurately measure the residual urine amount of the bladder by using an ultrasound image. Agar powder, Propanol and distilled water were used as materials for making a phantom. In order to measure the volume, a 10 ml cylinder, syringe and beaker were used. The image was obtained by scanning phantoms produced into six shapes. Each constant value was obtained by using the expression designed to measure the residual urine amount of the bladder and was compared and analyzed. The measuring method of Bladder volume was presented and a constant value for each shape was obtained and five observers measured it five times. According to the results of clinical application, the errors of Ellipse-beanbag, Shield-shield were 11.0%, 18.2%, respectively. Constant values depending on the shape of each phantom were presented in order to accurately measure the volume of the bladder in measuring the amount of residual urine for the diagnosis of benign prostatic hyperplasia. The accuracy of the volume using this was verified statistically($p > 0.05$). Therefore, it is considered to be useful in diagnosing benign prostatic hyperplasia by using the ultrasound imaging measuring method presented.

Key words : Residual urine amount, bladder volume, abdominal ultrasound, benign prostatic hyperplasia

Received: Aug. 10, 2014./Accepted for Publication: Dec. 20, 2014.

Corresponding Author: 한동균

(461-713) 경기도 성남시 수정구 산성대로 553 을지대학교 방사선학과

Tel: 010-3733-6298

E-mail: handk@eulji.ac.kr

I. 서론

현재 의료영상분야에서 사용되고 있는 초음파는 일반적으로 가정 주파수 영역보다 훨씬 높은 수 MHz에서 수십 MHz 사이의 주파수를 갖는 음파이다. 이러한 초음파를 이용한 검사기법은 다른 의료영상 기법들인 CT, MRI, X-ray 등에 비해 인체에 가장 안전하고 경제적이다. 이 동성이 큰 장점을 가지고 있다.¹⁾ 이에 따라 의료분야에서 초음파의 사용은 점점 증가하는 추세이며 보다 다양한 기법들이 개발되고 있다. 그 중, 현재 비뇨기과 질병 중 하나인 전립선 비대증에 대한 검사방법의 연구가 활발히 진행되고 있는 상황이다.

전립선 비대증은 고령의 남성에서 나타나는 가장 흔한 질환 중 하나로서 남성호르몬의 영향으로 전립선 조직의 증가를 가져오고 결과적으로 Bladder의 출구 폐색을 야기하는 병이다. 주로 잔뇨, 빈뇨, 복압배뇨 등의 증상을 동반한다.^{2,3)} 이들 중, 가장 빈번한 증상은 소변 배출 후 40 ml 이상의 잔뇨가 발생하는 것으로 전립선 비대증의 치료를 결정하는 중요한 지표이다.

잔뇨량을 측정하는 방법에는 요도를 통해 도뇨관을 삽입하는 방법과 Bladder scanner, 그리고 초음파 영상을 이용하는 방법이 있다. 그러나 도뇨관 삽입은 카테터를 요도에 직접 삽입하므로 요도의 손상 또는 감염을 초래하며 환자에게 불편함을 야기 시킨다.⁴⁾ 이에 따라 현재 임상에서는 보편적으로 Bladder scanner를 많이 사용하고 있다. Bladder scanner는 scan head부를 꼬리뼈를 향하여 치골결합 위부분에 1인치정도로 배치시켜 측정하는 방법이다.⁵⁾ 그러나 Bladder scanner 역시 영상을 제공하지 않으며 Bladder의 모양이 구형에서 멀어질수록, 잔뇨량이 50~100 ml 범위에 있을수록, 측정치의 정확도가 떨어지는 문제점이 있다.^{6,7)}

이에 현재 복부초음파를 통해 Bladder의 모양을 획득하여, 잔뇨량을 측정하는 방법에 대한 연구가 진행되고 있다. 복부초음파를 통한 잔뇨량 측정 방법으로

$$height(h) \times width(w) \times length(L) \times \pi/6 = Bladder Volume \dots\dots\dots 식 1.^{8)}$$

을 이용하고 있지만 모양이 구형에 제한되어 있다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 복부초음파영상을 사용하여 다양한 Bladder 모양에서의 보다 정확한 잔뇨량 측정방법을 제시하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 장비 및 재료

초음파장치는 clearvue550 (Philips, Netherlands)을 사용하고 탐촉자는 C5-2을 사용하였다. 팬텀의 재료로는 한천가루와 Propanol(C₃H₈O=60.1, Isopropyl alcohol 70%) 그리고 증류수를 사용 하였으며 부피측정을 위하여 10 ml 실린더(Cylinder)와 스포이트(Spuit), 비커(beaker)를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) Bladder volume 팬텀의 제작

100°로 가열된 600 ml의 증류수가 담긴 용기 내에 한천 30 g을 넣고 기포가 생기지 않게 10분간 저어 주었다. 여기에 10 ml의 Propanol(C₃H₈O=60.1, Isopropyl alcohol 70%)을 넣고 완전히 녹인 뒤, 일정한 모양의 틀에 넣어 응고시켰다.⁹⁾ 그리고 실제 환자의 Bladder 영상을 바탕으로 Triangle1-square, Triangle2-molar, Chair-squqre, Ellipse-beanbag, Shellfish-shellfish, Shield-shield의 총 6가지 팬텀을 제작하였다.

2) 팬텀의 부피 측정

물에 물체를 넣었을 때, 물체가 받는 부력의 크기와 늘어난 물의 부피만큼의 중력의 크기는 같으므로 이를 이용해 팬텀을 물이 담긴 비커에 넣은 후 부피를 측정하였다.¹⁰⁾

3. 팬텀 스캔

비커에 스펀지를 깔고 물을 채운 후, 팬텀의 최대 모양이 나올 때의 Longitudinal 영상과 Transverse 영상을 획득하였다.

Longitudinal 영상에서는 가장 긴 길이를 높이로 정하고, Transverse 영상에서는 탐촉자를 기준으로 했을 때 수평으로 가장 긴 길이, 수직인 가장 긴 길이를 각각 가로, 세로로 정하였다[fig 1, 2].^{11,12)}

팬텀의 명칭은 Longitudinal 영상과 유사한 사물의 이름으로 정하였다.

단, Longitudinal 영상만으로 형태를 분류하기 어려운 경우 transverse영상으로 정하였다.

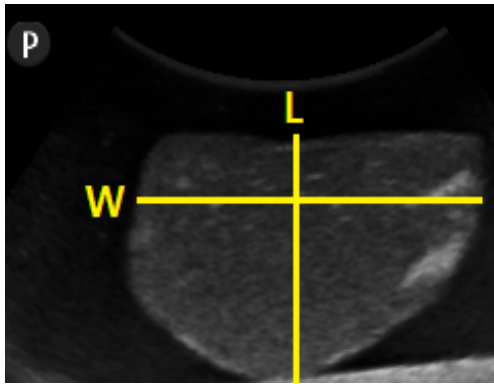


Figure 1. The transverse image of Shield phantom

4. 영상 분석 및 평가

팬텀을 이용하여 측정된 수치들을 곱하여 실제의 체적과 가장 가까운 상수를 구하였다.[식 2.] 5명의 관찰자마다 측정방법을 숙지한 후 각각 5회씩 측정하여 평균값을 구하였다.

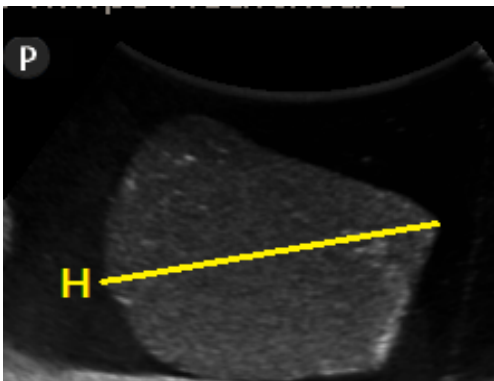


Figure 2. The longitudinal image of Shield phantom

물에 넣어 측정한 팬텀의 부피와 관찰자가 초음파영상을 이용하여 측정한 부피의 통계적 유의성을 검증하기 위하여 one sample t-test를 사용하였다. 또한, ANOVA-test를 통해 관찰자간 통계적 유의성을 확인하였다. 모든 통계적 분석에서 0.05 미만일 경우 유의하다고 판단하였다.

$$constant = \frac{height(H) \times width(W) \times length(L)}{Bladder\ volume} \dots \text{식2.}$$

5. 임상 적용

각 모형에 대한 상수값을 공식에 적용하여 복부초음파 영상으로 얻은 잔뇨량과 실제 잔뇨량을 비교하여 검증하였다. 건강한 20대 남성을 대상으로 복부초음파를 시행하여 총2명을 연구에 포함시켰다.

1) 초음파 영상을 이용한 잔뇨량 측정

초음파영상으로 Bladder의 잔뇨를 확인한 후, 제시한 측정법을 이용하여 잔뇨량을 구하였다[fig 3].

2) 실제 잔뇨량 측정

비커를 이용해 소변을 받은 후, 초음파영상으로 Bladder의 내부가 비어있는 것을 확인하여 비커의 소변량을 실제 잔뇨량으로 결정하였다[fig 4].

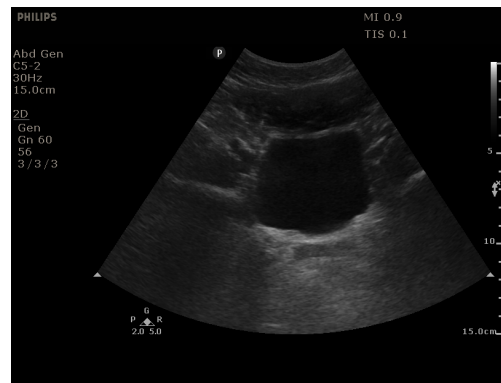


Figure 3. The remaining residual urine in the bladder

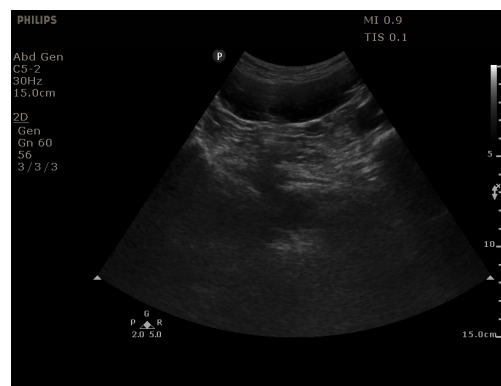


Figure 4. The fully emptied bladder after urination

Table 1. Observer's correlation coefficient between ultrasound measurements and volume of the phantom

Ob	Triangle1 -square(55)*		Triangle2 -molar(70)		Chair -square(88)		Ellipse -beanbag(60)		Shellfish -shellfish(86)		Shield -shield(60)	
	Mean	p-value**	Mean	p-value	Mean	p-value	Mean	p-value	Mean	p-value	Mean	p-value
a	54.89	1.000	78.13	0.000	88.13	0.998	59.88	1.000	84.09	0.903	59.33	0.244
b	55.75	0.836	74.83	0.003	86.12	0.001	60.37	0.980	88.08	0.285	60.68	0.069
c	53.45	0.068	66.36	0.004	88.07	1.000	59.60	0.996	82.85	0.052	59.02	0.699
d	54.53	0.865	66.83	0.001	88.06	1.000	60.21	1.000	86.30	1.000	59.79	1.000
e	56.75	0.006	65.53	0.000	89.61	0.395	60.23	1.000	89.20	0.060	61.48	0.051

Ob: observer

*:actual phantom's volume (ml)

**p-value by one-sample t-test (p>0.05)

III. 결과

Triangle1-square 팬텀의 관찰자에 따른 초음파 영상 측정평균과 실제 팬텀의 부피 간 유의확률은 관찰자 1에서 54.89ml, 1.000, 관찰자2에서 55.75ml, 0.836, 관찰자3에서 53.45ml, 0.068, 관찰자4에서 54.53ml, 0.865, 관찰자5에서 56.75ml, 0.006로 전체의 평균은 55.07ml로 측정되었고, 실제 팬텀의 볼륨과는 최대 1.75ml(3.18%)의 오차가 있었고 유의확률은 최소 0.006 이었다. Triangle2-molar 팬텀의 관찰자에 따른 초음파 영상 측정평균과 실제 팬텀의 부피 간 유의확률은 관찰자1에서 78.13ml, 0.000, 관찰자2에서 74.83ml, 0.003, 관찰자3에서 66.36ml, 0.004, 관찰자4에서 66.83ml, 0.001, 관찰자5에서 65.53ml, 0.000로 관찰자 전체의 평균은 70.34ml로 측정되었고, 실제 팬텀의 볼륨과는 최대 8.13ml(11.6%)의 오차가 있었고, 유의확률은 최소 0.000 이었다.

Chair-square 팬텀의 관찰자에 따른 초음파 영상 측정평균과 실제 팬텀의 부피 간 유의확률은 관찰자1에서 88.54ml, 0.998, 관찰자2에서 86.12ml, 0.001, 관찰자3에서 88.07ml, 1.000, 관찰자4에서 88.06ml, 1.000, 관찰자5에서 89.61ml, 0.395로 전체의 평균은 88.08로 측정되었고, 실제 팬텀의 볼륨과는 최대 1.88ml(2.13%)의 오차가 있었고, 유의확률은 최소 0.001 이었다. Ellipse-beanbag 팬텀의 관찰자에 따른 초음파 영상 측정평균과 실제 팬텀의 부피 간 유의확률은 관찰자1에서 59.88ml, 1.000, 관찰자2에서 60.37ml, 0.980, 관찰자3에서 59.60ml, 0.996, 관찰자4에서 60.21ml, 1.000

관찰자5에서 60.23ml, 1.000로 관찰자 전체의 평균은 60.06ml로 측정되었고, 실제 팬텀의 볼륨과는 최대 0.4ml(0.67%)의 오차가 있었고 유의확률은 최소 0.980 이었다.

Shellfish-shellfish 팬텀의 관찰자에 따른 초음파 영상 측정평균과 실제 팬텀의 부피 간 유의확률은 관찰자 1에서 84.09ml, 0.903, 관찰자2에서 88.08ml, 0.285, 관찰자3에서 82.85ml, 0.052, 관찰자4에서 86.30ml, 1.000, 관찰자5에서 89.20ml, 0.060 로 관찰자 전체의 평균은 85.31ml로 측정되었고, 실제 팬텀의 볼륨과는 최대 3.21ml(3.73%)의 오차가 있었고, 유의확률은 최소 0.052이었다.

Shield-shield 팬텀의 관찰자에 따른 초음파 영상 측정평균과 실제 팬텀의 부피 간 유의확률은 관찰자1에서 59.33ml, 0.244, 관찰자2에서 60.68ml, 0.069, 관찰자3에서 59.02ml, 0.699, 관찰자4에서 59.79ml, 1.000, 관찰자5에서 61.48ml, 0.051 로 관찰자 전체의 평균은 60.06ml로 측정되었고, 실제 팬텀의 볼륨과는 최대 1.48ml(2.47%)의 오차가 있었고, 유의확률은 최소 0.051 이었다[Table 1]. Triangle1-square 팬텀의 5명의 관찰자간 측정치의 유의확률은 0.000 이었다. Triangle2-molar 팬텀의 5명의 관찰자간 측정치의 유의확률은 0.000 이었다. Chair-square 팬텀의 5명의 관찰자간 측정치의 유의확률은 0.007 이었다. Ellipse-beanbag 팬텀의 5명의 관찰자간 측정치의 유의확률은 0.808 이었다. Shellfish-shellfish 팬텀의 5명의 관찰자간 측정치의 유의확률은 0.000 이었다. Shield-shield 팬텀의 5명의 관찰자간 측정치의 유의확

Table 2. Observers correlation coefficient according to the shape of the phantom

Phantom shape	Triangle1 -square	Triangle2 -molar	Chair -square	Ellipse -beanbag	Shellfish -shellfish	Shield -shield
p-value*	0.000	0.000	0.007	0.808	0.000	0.001

*:p-value by one-way ANOVA-test (p>0.05)

Table 3. The name and value of the constant according to longitudinal scan of phantom and transverse scan

Longitudinal scan	Transverse scan	Constant
Triangle1	square	0.435
Triangle2	molar	0.391
Chair	square	0.553
Ellipse	beanbag	0.570
Shellfish	shellfish	0.594
Shield	shield	0.526

률은 0.001 이었다[Table 2]. Bladder 모양에 따른 상수 값을 나타낸 표이다[Table 3]. Longitudinal 영상과 Transverse 영상의 Bladder 모양에 따라 식에 알맞은 상수를 얻어 Bladder의 체적 값을 구하게 된다. Triangle1-square 팬텀의 경우 상수값은 0.435 이었다.

Triangle2-square 팬텀의 경우 상수값은 0.391이었다. Chair-square 팬텀의 경우 상수값은 0.553 이었다. Ellipse-beanbag 팬텀의 경우 상수값은 0.570이었다. Shellfish-shellfish 팬텀의 경우 상수값은 0.594 이었다. Shield-shield 팬텀의 경우 상수값은 0.526이었다.

건강한 20대 남성 2명에게 복부초음파를 시행하여 잔뇨의 영상을 획득한 후 비커에 잔뇨를 모두 배출하여 측정된 결과 Case.1의 경우에는 Ellipse-beanbag 형태로 초음파 영상의 측정치는 132.8 ml이었고, 실제 잔뇨의 양은 150 ml으로 오차가 17.2ml (11.0%)이었다. Case.2의 경우에는 Shield-shield 형태로 초음파 영상의 측정치는 131.5 ml이었고, 실제 잔뇨의 양은 160 ml으로 오차가 28.5 ml(18.2%)이었다.

IV. 고찰

팬텀마다 실제 볼륨과 관찰자내의 측정치 유의확률은 Triangle1-square 팬텀에서 관찰자e 0.006, Triangle2-molar 팬텀에서 관찰자a 0.000, 관찰자b 0.003, 관찰자c 0.004, 관찰자d 0.001, 관찰자e 0.000, Chair-square 팬텀에서 관찰자b 0.001을 제외하고는 모두 0.05이상이었

다. 하지만, 실제 팬텀의 볼륨과 관찰자간 측정치 평균의 오차가 Triangle1-square 팬텀에서 관찰자e 1.75ml (3.18%), Triangle2-molar 팬텀에서 관찰자a 8.13ml (11.6%) 관찰자b 4.83ml(6.9%) 관찰자c -3.64ml(5.2%) 관찰자d -3.17ml(4.5%) 관찰자e -4.47ml(6.7%) Chair-square 팬텀에서 관찰자b -1.88ml(2.1%) 이 나므로 실제 차이는 최대 11.6%로 나타나 모두 Bladder scanner의 100ml 이하일 때 오차 66%보다 작으므로 신뢰할 수 있음을 확인할 수 있었다. 관찰자 볼륨 측정치의 전체 오차가 모두 Bladder scanner의 오차 66%보다 작아 제시한 측정법이 더 정확한 것을 확인할 수 있었다(최대오차 Triangle2-molar 팬텀에서 관찰자 a 11.6%).⁷⁾

구형성에 가까운 모형인 경우(Ellipse-beanbag)에는 검사자간의 일치도가 높게 나타났으며 (p>0.05) 기존의 0.523에 가까운 상수값을 얻었다.^{8,14)} 이 결과로 구형의 Bladder에서 기존에 적용되어오던 상수값이 정확하다는 것을 검증할 수 있었다.

Ellipse-beanbag 팬텀의 경우를 제외하고 나머지 모든 모양의 ANOVA-test의 유의확률이 모두 0.05이하로 유의하지 않았다. 각 관찰자간의 차이가 작아야 하므로 유의확률은 0.05이상이나와야 한다. 실험전 팬텀의 초음파 영상측정법을 5명의 관찰자가 충분히 숙지하고 연습하였음에도 차이가 발생했다. 초음파 영상을 가지고 동일한 측정 방법을 사용하였음에도 불구하고 오차가 발생한 이유는 초음파 측정 시 측정자 간의 측정점이 일치되지 않은 문제, 탐촉자의 압력, 주위장기의 위치, Bladder 자체의 운동과 잔뇨로 인한 모양의 다양

성 등에 있었다.^{13,14,15)} 반복 측정을 할 수 있는 기술적 방법이 보완되어 진다면 보다 더 정확한 측정이 가능할 것이다.

몇 가지 Bladder 형태에 대한 상수값을 0.7으로 제시한 연구가 있다.¹⁶⁾ 본 연구에서 제시한 상수값들은 모두 0.7 미만으로 나왔다. 이는 식2. 공식을 이용하여 팬텀의 볼륨을 측정하였을 때 형성되는 육면체의 크기와 실제팬텀의 크기를 비교하여 차이가 나지 않을수록 상수 값이 작아지는데 있었다. 그러나, 구형에 대한 상수값 0.523을 사용하였으므로 다른 형태에 대해서는 적용할 수 없다는 제한점이 있다. 또한 다양한 모형(입방형, 타원체, 삼각기둥)을 고려하였을 시 상수값 0.7이 유용하다는 보고가 있다.¹⁶⁾ 이에 본 논문에서는 더 나아가 보다 더 다양한 Bladder 팬텀을 제작하였고 각각의 모양에 대해 상수값을 제시하여 여러 형태의 Bladder의 부피 측정에 정확성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구를 통해 Bladder의 부피를 측정 할 때, 모양에 따른 상수값을 각각 제시함으로써 다양한 Bladder 모양에서의 잔뇨량을 보다 정확히 측정할 수 있을 것으로 기대된다. 실제 팬텀의 볼륨과의 최대 오차가 11.6%로 나타났고 특히 Ellipse-beanbag, Shield-shield의 모양의 경우 임상적용을 통해 확인한 결과, 오차율이 각각 11.0%, 18.2%로 Bladder scanner의 오차 66%보다 감소시킬 수 있었다.

VI. 참고문헌

1. 김형석, “초음파를 이용한 의료진단 기술”, 대한전기학회, 2009, 58(2), 49~51
2. Y M Jinm, T K Kim, “The Usefulness of Bladder Wall Thickness Measurement Using Ultrasound in Patients with Benign Prostatic Hyperplasia”, Korean J Urol, 2002, 43, 598~604
3. 정보영, 윤성욱, 김재일외 1명 “전립선 이행대용적 및 이행대지수와 전립선비대증 임상척도와의 상관관계”, Inje Medical Journal, 2002, 23(3), 321~327
4. 박윤미, 김영경, “유치도뇨관 삽입 환자의 외요도 구 간호중재 방법에 따른 요로감염의 차이”, 임상간호연구, 2005, 11(1), 123~136
5. Vikram Chalana, Stephen Dudycha, Jong Tae Yuk et al, “Automatic Measurement of Ultrasound-Estimated Bladder Weight (UEBW) from Three-Dimensional Ultrasound”, Rev Urol, 2005, 6, 22~28
6. Kannayiram Alagiakrishnan, Michelle Valpreda, “Ultrasound bladder scanner presents falsely elevated postvoid residual volumes”, Canadian family Physician, 2009, 55, 163~164
7. Y H Huang, L I Bih, S L Chen et al. “The accuracy of ultrasonic estimation of bladder volume: A comparison of portable and stationary equipment”, Arch Arch Phys Med Rehabil, 2004, 85, 138~141
8. LM Eril, H Thomassen, B Brennhovd1, LL Ha° heim, “Accuracy and repeatability of prostate volume measurements by transrectal ultrasound”, 2002, 5, 273~278
9. 허관희, 김주영, 정형진의 5명, “한천을 이용한 초음파 온열 특성 평가용 조직 유사 Phantom 개발에 관한 연구”, 대한초음파의료영상학회지, 2013, 4, 43~45
10. 홍석인, 김윤희, “초등학생을 위한 부력을 이용한 물체의 부피 측정방법”, 과학교육논총, 2005, 18, 137~140
11. S C Baek, H K Koo, Cheol H Kim et al. “Ultrasonographic Bladder Parmeters for Successful Suprapubic Bladder Aspiration, Korean J Pediatr”, 2004, 47, 187~192
12. 이정근, 김순찬, 남산극, “초음파를 이용한 잔뇨량 측정의 정확도에 대한 고찰”, Korean J Urol, 1994, 35(4), 365~369
13. 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, 255~260
14. Griffiths CJ, Murray A, Ramsden PD, “Accuracy and repeatability of bladder

- volume measurement using imaging” , J Urol, 1986, 136(4), 808~812
15. Bih LI, Ho CC, Tsai SJ et al, “Bladder shape impact on the accuracy of ultrasonic estimation of bladder volume” , Arch Phys Med Rehabil, 1998, 79, 1553~1556
 16. Bih L-I, Ho C-C, Tsai S-J, Lai Y-C, Chow W. “Bladder shape impact on the accuracy of ultrasonic estimation of bladder volume” , Arch Phys Med Rehabil 1998, 79, 1553~1556