

하부요로증상 진단을 위한 요속 및 요류음 분석 시스템 구현

전계록¹, 정도운²

¹부산대학교 의과대학 의공학교실

²동서대학교 컴퓨터정보공학부

Implementation of Uroflow and Urophonography Analysis System for LUTS Diagnosis

Gyerok Jeon¹, Doun Jeong²

¹Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Pusan National University

²Division of Computer & Information Engineering, Dongseo University

(Received April 7, 2010. Accepted July 6, 2010)

Abstract

The present study proposed a method of measuring uroflow and urophonography at the same time for more accurate diagnosis in case uroflow looks normal due to compensatory function hypertrophy in the expression of early obstruction. In case of early obstruction, there happens turbulent uroflow by the obstruction even if the uroflow looks normal and thus obstruction can be detected by measuring and analyzing signal caused by turbulent flow. We implemented a system that can measure both uroflow and urophonography, and evaluated its performance. In the experiment, we observed changes in uroflow and urophonography according to artificial pressure and the degree of obstruction, and confirmed that it is possible to determine the effect of compensatory function hypertrophy by analyzing urophonographic parameter under the same uroflow. The results of our experiment show that the effect of compensatory function hypertrophy in the early-stage obstruction of lower urinary tract, which is not detectible with uroflowmetry alone, can be assessed through urophonographic analysis.

Key words : Urophonography, LUTS(lower urinary tract symptom), Uroflowmetry, PSD

1. 서론

남성의 노인성 질환 중 대표적 만성질환인 하부요로증상(lower urinary tract symptom, LUTS)은 노년층에 접어드는 남성에게 있어서는 매우 관심이 높은 질환으로 인식되고 있다[1]. 왜냐 하면 LUTS는 서서히 진행되므로 쉽게 인식할 수 없을 뿐만 아니라 일단 발현되면 삶의 질을 급격하게 저하시키기 때문이다. LUTS에 연관되는 질환 중 특히 배뇨의 이상 증상을 동반하는 전립선비대증은 50 대의 50%, 60 대의 60%, 70 대의 70% 이상이 발현되며, 일생동안 약 80% 남성이 전립선비대증으로 고통을 받고 있다[2]. 전립선비대증을 진단하기 위하여 여러 가지 방법들이 사용되고 있으며, 현재 임상에서 적용되고 있는 대표적인 검사방법은 증상점수표 검사, 직장수지 검사, 경직장 전립선 초음파

검사, 소변 검사, 요속 및 잔뇨 측정 검사 등이 있다. 이들 중 증상점수표 검사, 초음파 검사 및 요류 검사를 제외한 다른 대부분의 검사들은 침습적인 방법에 의해 시행되는 검사이므로 환자들에게 고통을 줄 수 있다[2].

비침습적인 방법으로 보다 편리하게 LUTS를 진단하기 위한 다양한 연구가 수행되고 있다. 먼저 Roehrborn[3]은 배뇨시의 요류 상태를 검사하여 하부요로폐색의 진단을 위한 기초자료로 활용할 수 있음을 발표하였다. 하지만 요량의 변화 및 요속의 변화양상만으로는 하부요로 폐색의 진단에 한계가 있다. 왜냐하면 전립선비대증 및 하부요로폐색에 의하여 출구저항이 증가하더라도 하부요로폐색의 초기에는 배뇨근의 보상성기능항진(compensatory function hypertrophy)이 출구폐색 보다 강하게 작용하여 정상 요속으로 나타날 수 있으며, 출구저항이 약한 경우에는 배뇨근의 수축이 없는 상태에서 괄약근의 이완만으로도 요속이 정상으로 나타날 수 있기 때문이다[4]. 따라서 요류 검사의 단점을 보완하기 위

Corresponding Author : 정도운
부산시 사상구 주례2동 산69-1번지 동서대학교 컴퓨터정보공학부
Tel : +82-51-320-1771 / Fax : +82-51-327-8955
E-mail : dujeong@dongseo.ac.kr

해서는 요속과 동시에 비침습적인 방법으로 방광내압을 측정하기 위한 방법이 시도되었다. Michael[4,5]과 Pel[6]은 방광내부의 압력을 추정하기 위하여 외부 카테터를 사용하는 방안을 제안한 후 이를 이용한 등용적성 방광내압 측정 기법에 관한 연구를 수행하였다. 하지만 비침습적인 방법에 의한 방광내압 측정 방법도 방광내부와 외부의 카테터가 등용적성을 유지하도록 하기 위해서는 배뇨를 강제적으로 차단해야하는 불편함을 초래한다.

본 연구에서는 기존의 LUTS진단 방법과 차별화하여 배뇨시 요속과 동시에 요류음(urophonography)을 계측하여 LUTS의 진단에 활용하고자 하였다. 요속검사에서 정상 소견을 보이더라도 폐색이 발생하면 배뇨시 난류(turbulent flow)에 의한 요류음이 발생하게 되며, 요류음의 계측 및 분석을 통해 폐색의 유무를 판별할 수 있다. 본 연구에서는 배뇨시 발생하는 요류음을 계측하여 배뇨증상의 이상 유무를 검출할 수 있는 시스템을 개발하고자 하였다. 그리고 구현한 시스템의 평가를 위하여 인체의 하부요로계를 모식화한 실험장치를 구성하고, 이를 이용하여 일정한 압력 상태에서 인위적인 폐색을 여러 단계로 유발시키면서 요류음의 변화와 요속을 계측하고 분석하였다. 요속과 요류음을 동시에 계측함으로써 보다 정확하게 하부요로계의 폐색 유무의 진단이 가능함을 확인하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

A. 연구대상 및 방법

본 연구에 의해 구현된 시스템과 분석방법의 타당성을 평가하기 위하여 하부요로계를 모식화한 실험장치를 구현하고 이를 이용하여 폐색의 정도를 변화시키면서 요속과 요류음을 분석하여 폐색에 따른 요속과 요류음의 평균실효치전력(average RMS power, ARP)을 동시에 분석하였다. 요류음의 전력스펙트럼밀도(power spectrum density, PSD) 변화 및 중심주파수(median frequency, MF)를 분석하여 폐색 진단을 위한 요류음 계측의 유용성을 평가

하였다.

구현된 시스템의 임상 적용 가능성을 평가하기 위하여 실제 사람을 대상으로 요속과 요류음을 계측하고 분석하였다. 실험대상으로는 건강한 20대 성인남성 5명을 대상으로 수행하였으며, 정상적인 배뇨에서의 요속, 요류음, 요류음의 PSD 변화 및 MF를 관찰하였다. 그리고 비교군으로서 인위적인 폐색을 인가한 실험군 5명을 대상으로 동일한 실험을 반복하여 요류음의 폐색진단 유용성 및 임상 적용 가능성을 평가하였다.

B. 요속 및 요류음 계측 시스템 구현

본 연구에서는 요속과 요류음을 계측하기 위하여 센서부, 센서 신호의 검출을 위한 전처리부, 신호의 증폭 및 필터링을 위한 아날로그 신호처리부, 신호를 PC에서 분석 가능한 디지털 신호로 변환하기 위한 신호변환부, 시스템의 전체적인 제어를 위한 시스템 제어부 그리고 계측된 데이터를 PC에서 디스플레이 및 저장하기 위한 PC 계측 프로그램 등을 구현하였으며, 시스템의 전체적인 구성도는 그림 1과 같다.

센서부는 요속 측정센서와 요류음 측정센서로 구분된다. 먼저 요속 측정용으로 사용한 센서는 배뇨에 따른 무게의 변화를 측정하기 위하여 스트레인게이지를 금속 탄성체에 점착 후 휘스톤브릿지 회로를 이용하여 저항변화를 전압으로 검출하는 로드셀(Cas Co., BCL Single Point, Korea)을 이용하여 구성하였다. 로드셀의 용량은 일반 성인의 평균 요량과 외부에서 가해질 수 있는 충격, 그리고 요량 수집 메커니즘의 중량 등을 고려하여 2 kg의 용량을 갖는 휨형 로드셀을 사용하였다. 또한 로드셀의 상부와 하부에 지지대를 부착하여 배뇨에 따른 아티팩트(artifact)를 최소화할 수 있도록 하였다. 그리고 요류음의 계측을 위하여 청진기의 내부에 마이크로폰을 삽입한 청진기형 요류음 센서를 제작하였다. 구현된 요류음 센서는 요류음의 주요 주파수대역인 50 ~ 1500 Hz 사이의 신호를 측정하기 위하여 리트만 청진기(2201, 3M Co., USA)를 다이어프램(diaphragm) 모드로 사용하였다. 또한 청진기 내

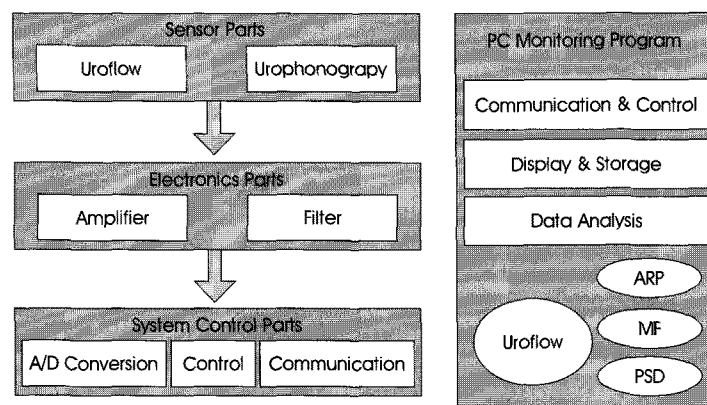


그림 1. 구현된 시스템의 구성도
Fig. 1. Block diagram of the implemented system.

부에 삽입한 마이크로폰은 감도가 7 mV/Pa, 주파수대역이 6.3 ~ 100,000 Hz 그리고 동작 범위가 15 ~ 146 dB의 특성을 가지는 콘덴서형 마이크로폰(AIWA Co., Japan)을 사용하였다.

요속과 요류음 센서 신호를 검출하고 처리하기 위하여 전자회로를 설계하였다. 먼저 로드셀의 신호를 검출하기 위해 FET타입의 입력을 갖는 계측용 증폭기(INA121, Burr-Brown Co., USA)를 이용한 전치증폭부를 설계하였으며, 신호에 포함된 잡음을 제거하기 위하여 차단주파수가 10 Hz인 저역통과필터를 구성하였다. 또한 아날로그 샘플링 및 홀드(sample and hold) 회로를 적용하여 자동으로 영점보정이 가능하게 하였고, 로드셀로부터 측정된 요량 신호를 요속신호로 변환하고 증폭하기 위하여 미분회로와 다단 증폭부를 설계 및 제작하였다.

다음으로 그리고 청진기형 요류음 센서 신호의 신호대잡음비(signal to noise ratio, SNR)를 높이고 LUTS의 진단에 유용한 주파수대역을 검출하기 위하여 연산증폭기를 이용한 신호검출부를 구성하였으며, 전원으로부터 유입되는 60 Hz 잡음 제거를 위한 노치필터와 50 ~ 1500 Hz 사이의 대역통과필터를 설계하였다.

요속 및 요류음 신호를 컴퓨터에서 분석 가능한 디지털 신호로 변환하기 위하여 시리얼 인터페이스로 구동되는 12비트 A/D변환기(MCP3204, Microchip technology Co., USA)를 사용한 데이터 변환부를 구성하였다. 그리고 데이터 변환부의 구동, 데이터 버퍼링 그리고 PC와 통신에 의한 데이터 전송 등의 처리를 위하여 VHDL(very high speed hardware description language)과 FPGA(field programmable gate array, Spartan2-30, Xilinx Co., USA)를 사용하여 시스템 제어부를 구성하였다.

마지막으로 시스템 제어부로부터 전송된 데이터를 PC에서 디스플레이하고 저장하기 위하여 Visual C++ 6.0(Microsoft Co., USA)을 이용하여 PC 계측 프로그램을 구현하였다. 구현된 프로그램은 시스템 제어부에서 설계된 통신모듈과 시리얼 통신을 통하여 115.2 Kbps의 속도로 패킷통신을 수행하도록 구성하였다. 그리고 데이터에 포함된 헤드정보를 검출하여 요속 및 요류음 데이터를 구분하였고 에러체크를 수행할 수 있도록 하였다

C. 요속 및 요류음 데이터의 신호처리

비침습적인 방법으로 하부요로계의 폐색을 진단하기 위하여 요속과 요류음 신호를 분석하여 폐색을 가장 잘 반영하는 특징 파라미터를 검출하고자 하였다. 먼저 요속 신호를 이용하여 배뇨시 최대요속(maximum flow rate, MFR)과 평균요속(average flow rate, AFR)을 검출하였으며, 수식은 다음과 같다.

$$MFR = \text{MAX} [Q_{\text{ura}}(t)]_{\text{first}}^{\text{last}} \quad (1)$$

$$AFR = \frac{VOL}{FT} \quad (2)$$

여기서, Qura는 요속을 의미하며, VOL은 총배뇨량 그리고 FT는 배뇨시간을 의미한다. 일반적으로 폐색이 없는 경우 MFR과 AFR은 높은 값으로 측정되며, 폐색이 있는 경우에는 MFR과 AFR은 상대적으로 낮은 값으로 측정된다. 이와 같은 요속검사를 시행함으로써 간편한 방법으로 배뇨곤란을 호소하는 환자의 배뇨근 수축장애나 방광출구 폐쇄 유무를 판별할 수 있다. 하지만 요속 검사 만으로는 인체의 보상성기능항진의 작용 유·무를 판별할 수 없으므로 임상적으로 보다 의미를 가지는 진단을 수행할 수 있도록 요류음을 측정하였으며, 측정된 데이터의 신호처리를 위하여 다음과 같은 방법을 적용하였다.

본 연구에서 측정된 요류음 신호는 계측 시스템에서 50 ~ 1500 Hz 사이의 대역통과필터를 적용하였고, 초당 5000 샘플을 획득하여 디지털 신호로 변환하였다. 또한 데이터의 분석에 앞서 PC 상에서 50 ~ 1500 Hz 사이의 대역통과필터를 적용하였으며, 전처리된 요류음 신호의 배경잡음을 최소화하고 신호의 특징부를 강조하기 위하여 다음 수식으로 표현되는 요류음 전처리과정을 수행하였다.

$$H(z) = 1 - az^{-1}, 0.9 \leq a \leq 1.0 \quad (3)$$

전처리과정을 수행한 요류음 신호를 시간영역과 주파수영역에서 분석하였다. 먼저 시간 영역 분석에서는 ARP를 추출하여 폐색에 따른 변화 양상을 관찰하였다. 주파수영역의 분석은 윈도잉 기법을 적용 후 FFT를 이용한 PSD를 계산하고 MF, 주파수대역별 면적변화율(area variation ratio, AVR) 그리고 PSD 변화를 추출하여 정상과 폐색에서의 변화를 관찰하였다.

D. 실험장치의 구성

구현된 시스템의 평가를 위하여 하부요로계를 모식화한 실험장치를 구현하였다. 실험장치는 인체의 방광기능에 해당하는 물탱크와 요도의 기능을 수행하는 실리콘 튜브 그리고 전립선비대 등과 같은 폐색을 인위적으로 유발시킬 수 있는 폐색 조절부 등으로 구성하였으며, 구현된 실험장치의 구성도는 그림 2와 같다.

인체에서 요를 저장하는 방광의 기능을 대행하는 물탱크는 물의 수위를 조절하여 방광 내압을 인위적으로 조절할 수 있도록 하였다. 즉 방광 내압을 10 cmH₂O 단위로 최소 0 cmH₂O에서 최대 140 cmH₂O 까지 조절이 가능하도록 하였다. 그리고 인체의 요도를 모식화 하기 위하여 직경 5 mm의 실리콘 튜브를 이용하였고, 전립선비대증과 같은 폐색을 유발하기 위해 마이크로미터를 이용하여 인위적으로 폐색을 조절할 수 있는 장치를 구성하였다. 또한 폐색 조절부로부터 약 5 cm 떨어진 거리에 요류음 측정센서를 위치시켜 폐색에 따라 발생하는 요류음을 측정할 수 있도록 하였다. 그리고 실리콘 튜브의 끝 부분에 요속 측정부를 두어 요속 측정이 가능하도록 하였다.

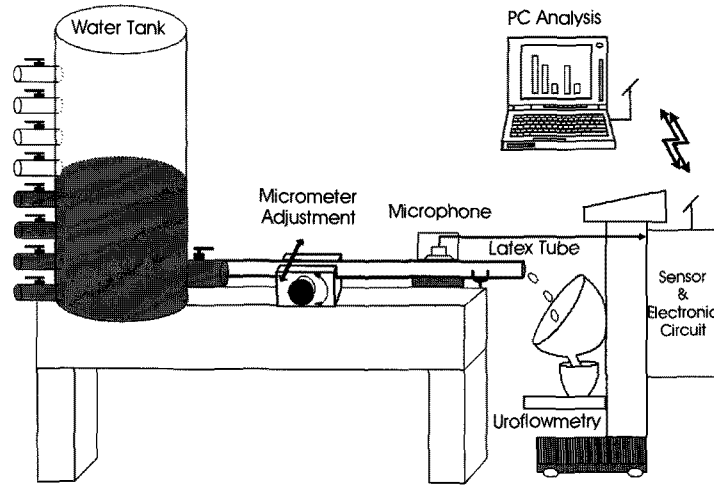


그림 2. 실험장치 구성도
Fig. 2. Composition of the experimental equipment.

III. 실험결과 및 고찰

A. 일정한 요속에서의 요류음 분석

인체의 하부요로계를 모식화한 실험장치를 이용하여 폐색의 정도를 변화시키면서 요류음을 계속하였고, 실제 임상에서 나타나는 정상인의 요속곡선과 전립선 비대증 환자의 요속곡선을 재연하여 이때의 요류음을 변화를 분석하였다. 시간영역의 분석에서는 30 cmH₂O 와 70 cmH₂O일 경우 폐색 정도에 따른 요속과 ARP를 동시에 분석하였으며, 분석결과를 각각 그림 3에 나타내었다.

그림 3 에서 30 cmH₂O의 압력이며 폐색이 없을 경우 요속은 16

ml/sec이었다. 하지만 폐색이 존재하더라도 배뇨근의 보상성 기능 향진에 의해 압력이 높아지면 이와 동일한 요속은 나타날 수 있다. 압력을 70 cmH₂O로 증가시키고 약 3.2 mm의 폐색을 유발시킨 경우 약 16 ml/sec의 요속을 나타내었다. 따라서 일반적인 요속 검사만으로는 폐색의 진단이 불가능 하며, 이러한 현상이 요속검사의 맹점으로 인식되고 있다. 하지만 요속검사와 동시에 요류음을 계속하면 보다 정확한 폐색의 진단이 가능하다. 즉 30 cmH₂O의 압력이 인가되면서 폐색이 없을 경우 요속은 16 ml/sec이었으며 요류음의 ARP는 -28 dB이었다. 하지만 폐색이 발생하고 보상성 기능 향진이 작용하여 방광내압이 높아졌을 경우를 가정한 70

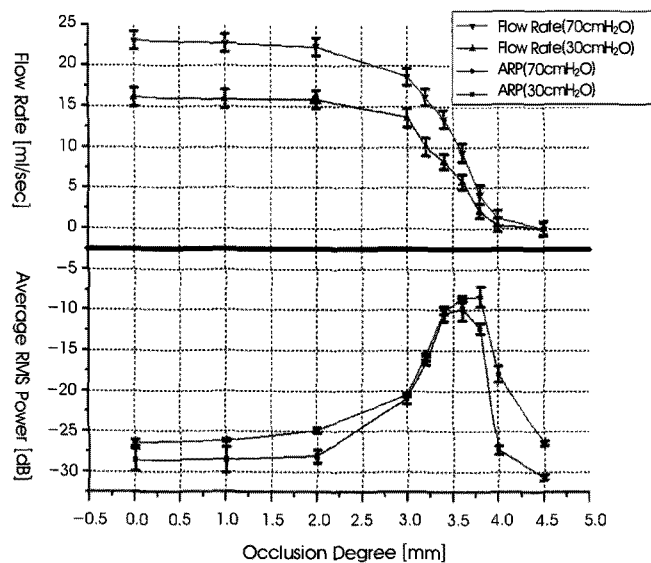


그림 3. 30 cmH₂O and 70 cmH₂O의 압력과 폐색 정도별에 따른 요속과 요류음의 ARP 특성
Fig. 3. Trajectory on the uroflow rate and ARP of the uroflowmetry variation

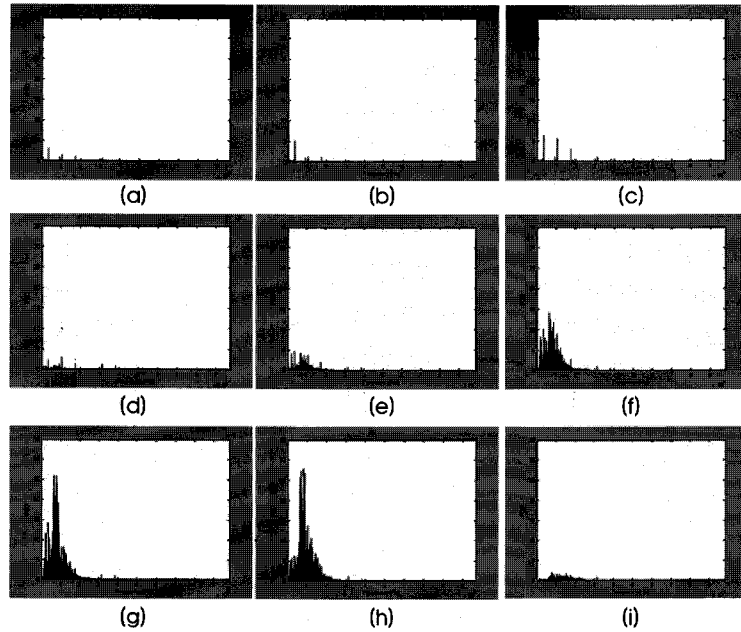


그림 4. 폐색 정도별 PSD 분포 특성: (a) 0 mm and (b) 1 mm, (c) 2 mm, (d) 3 mm, (e) 3.2 mm, (f) 3.4 mm, (g) 3.6 mm, (h) 3.8 mm, and (i) 4 mm occlusions
Fig. 4. PSD distributions according to various occlusion degrees: (a) 0 mm and (b) 1 mm, (c) 2 mm, (d) 3 mm, (e) 3.2 mm, (f) 3.4 mm, (g) 3.6 mm, (h) 3.8 mm, and (i) 4 mm occlusions.

cmH₂O의 압력과 3.2 mm의 폐색이 인가된 경우 요속은 16 ml/sec이었다. 하지만 이때 요류음의 ARP는 -15 dB로서 폐색이 없는 경우의 -28 dB와는 약 13 dB의 차이를 나타내었다. 이는 요류음의 분석을 통해 하부요로계의 폐색 진단을 위한 도구로서 사용될 수 있음을 시사한다.

시간영역에서 요류음의 ARP 분석 외에 보다 폐색의 정도를 잘 반영할 수 있는 파라미터의 추출을 위하여 주파수영역에서의 요류음 분석을 시도하였다. 폐색의 정도에 따른 요류음의 주파수대역 분포를 보다 간편하게 나타내기 위하여 70 cmH₂O의 압력에서 획득된 요류음 전체에 대해 FFT를 수행하여 PSD 분포 양상을 도시

하면 그림 4과 같다. 그림 4에서 알 수 있듯이 폐색이 진행됨에 따라서 PSD 분포 특성 변화 양상이 관찰되었다. 즉 폐색의 정도가 0 mm일 때 PSD 면적이 326.73이었으며, 폐색의 정도가 3.6 mm일 때 PSD의 면적이 22427로서 최대의 면적을 나타내었다. 또한 폐색의 정도가 4.0 mm일 때 PSD 면적이 감소하여 3300.3의 값을 나타내었다. 그리고 주파수 성분을 관찰한 결과 100 ~ 500 Hz 대역에서 변화가 확연하게 나타남을 관찰할 수 있었으며, 주파수 영역에서의 요류음 분석이 폐색진단에 유용하게 활용할 수 있음을 알 수 있다.

폐색 정도에 따른 요류음의 주파수 성분 분석을 위하여 FFT를

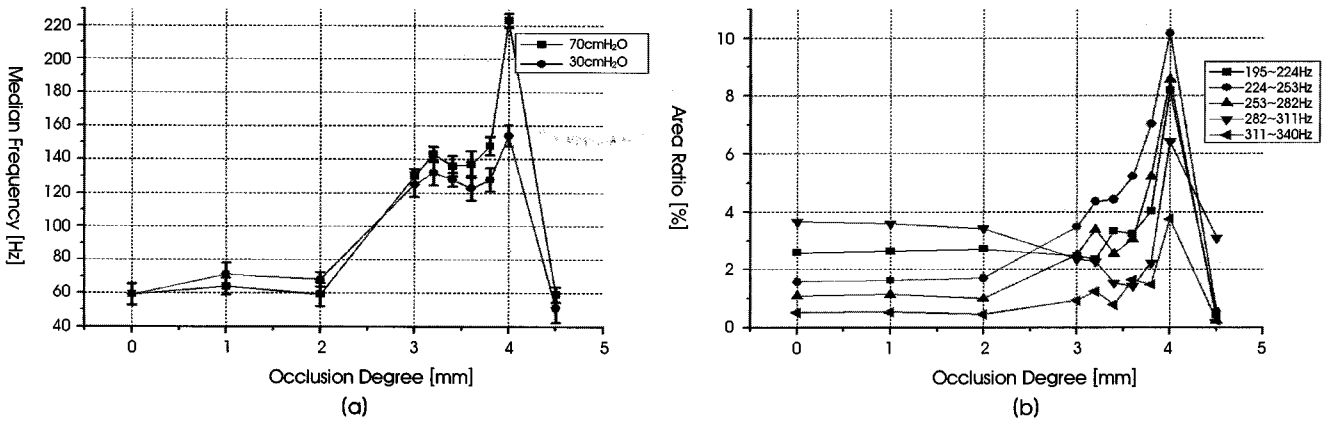


그림 5. 요류음의 주파수영역 분석: (a) MF 분석, (b) PSD 면적비 분석
Fig. 5. Frequency domain Analysis of urophonography : (a) MF analysis and (b) PSD area variation analysis.

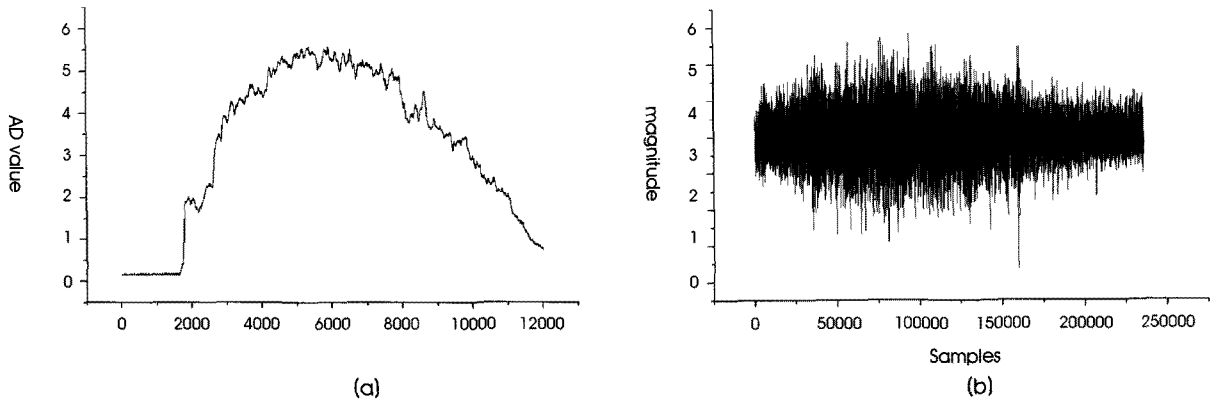


그림 6. 정상인의 요속 및 요류음 결과: (a) 요속, (b)요류음

Fig. 6. Results of uroflow rate and urophonography in the normal person : (a) uroflow rate and (b) urophonography.

수행하고 특정 주파수가 변화되는 양상을 관찰하기 위하여 PSD의 50%가 되는 주파수, 즉 MF를 분석하여 압력이 30 cmH₂O일 때와 70 cmH₂O일 때의 폐색의 정도에 따른 변화 양상을 그림 5의 (a)에 나타내었다. 압력이 높을 때 MF가 전체적으로 높게 나타났으며, 폐색의 정도가 3~3.8 mm일 때는 MF가 120~150Hz 사이에서 일정하게 나타났다. 그리고 폐색의 정도가 4.0 mm일 때는 MF가 220 Hz와 150 Hz로 가장 높게 나타났으며, 폐색정도가 4.0 mm을 넘으면서 급격하게 감소하였다. 따라서 폐색의 증가에 따른 약 200~400 Hz대역의 성분이 증가하는 구간에서는 MF가 일정한 크기를 나타내었으나 폐색이 보다 심해져 4.0 mm가 되면 저주파대역의 비율이 감소하면서 상대적으로 MF가 증가하는 양상을 나타내었다. 이상의 결과로 요류음의 MF 분석은 폐색 정도를 세분화하기에는 무리가 있지만 폐색의 유·무를 결정에는 유용한 파라미터로 활용할 수 있음을 확인할 수 있다. 폐색의 정도를 보다 잘 반영하는 주파수대역을 찾기 위하여 요류음의 FFT 결과로부터 50~1500 Hz 대역의 전체 면적을 100으로 정규화한 PSD를 계산하였다. PSD의 결과로부터 전체 주파수 대역을 10등분하여 각 주

파수대역별로 폐색의 정도에 따른 면적의 변화율을 분석하였다. 분석 결과 폐색의 정도를 가장 잘 반영하는 주파수대역은 195~340 Hz이었다. 따라서 이 주파수대역을 5 등분으로 세분화하여 분석한 결과를 그림 5의 (b)에 나타내었다. 그림 4의 (b)에서 224~253 Hz 구간이 폐색의 정도를 가장 잘 반영하는 주파수대역임을 알 수 있었다.

B. 정상 성인 및 폐색을 유발시킨 경우의 요속 및 요류음 분석

폐색이 없는 상태에서의 배뇨와 인위적으로 폐색을 유발시킨 상태에서의 배뇨 시 요속 및 요류음의 변화를 관찰하였다. 실험 결과 폐색이 없는 상태에서의 배뇨 시 평균요속은 13.5 ml/sec, 최대요속이 22.3 ml/sec이었다. 인위적으로 폐색을 유발시켰을 경우에는 평균요속이 12.1 ml/sec, 최대요속이 18.2 ml/sec로 나타났으며, 폐색이 없는 경우 보다는 평균요속과 최대요속이 감소하는 경향이 나타남을 관찰할 수 있었다. 그리고 폐색을 유발시킨 경우 요류음의 진폭이 증가하는 양상을 보였다. 요류음의 ARP 분석 결과 폐색이 없는 상태에서의 배뇨에서는 -35.3±2.15 dB이었으나, 인

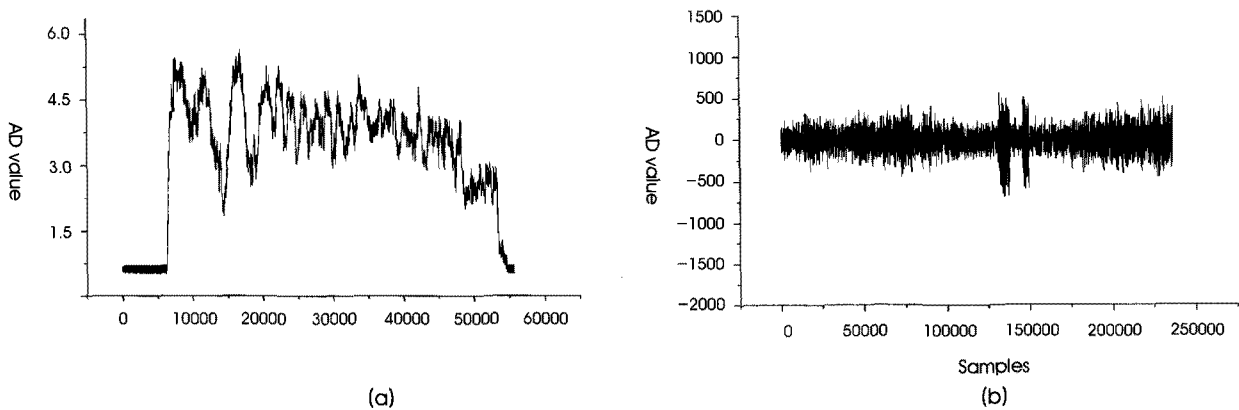


그림 7. 전립선비대증 환자의 요속 및 요류음 결과: (a) 요속, (b)요류음

Fig. 7. Results of uroflow rate and urophonography in the in the prostatic hypertrophy patient : (a) uroflow rate and (b) urophonography.

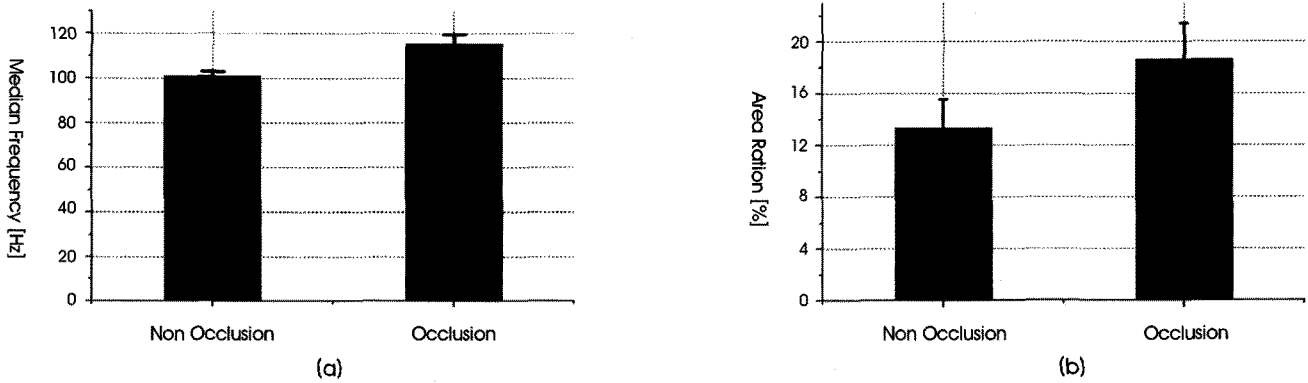


그림 8. 폐색에 따른 요류음의 주파수 분석 : (a) MF 분석, (b) PSD 면적비 분석(253 ~ 282 Hz)

Fig. 8. Frequency domain Analysis of urophonography as occlusion : (a) MF analysis and (b) PSD area variation analysis(253 ~ 282 Hz).

위적으로 폐색을 유발시킨 경우에는 -24.9 ± 5.48 dB로 증가하는 현상을 보였다. 이는 회음부 압박에 의한 요도의 폐색이 난류를 형성하여 유동소음이 발생한 결과로서 해석될 수 있다.

실제 정상인에서 발생하는 요속과 요류음의 일례는 그림 6과 같다. 그리고 전립선비대증 환자의 배뇨시 발생하는 요속 및 요류음의 일례는 그림 7과 같다. 전립선 비대증환자의 요속은 배뇨 시간 별로 진폭의 변화가 높게 나타났으며 인위적으로 배뇨를 하기 위해 인가한 힘에 의해 요속의 파동이 심하게 나타나는 경향을 확인할 수 있다. 폐색이 없는 경우와 인위적으로 폐색을 유발시킨 배뇨시 계측된 요류음을 주파수영역에서의 분석하기 위하여 FFT를 수행한 결과 폐색을 유발시킨 경우 PSD의 크기가 증가하는 양상을 관찰할 수 있었다. 즉, 하부요로계의 폐색 진단을 위하여 요류음을 분석할 때 주파수영역의 파워스펙트럼의 크기만으로도 폐색과 비폐색의 구분이 가능함을 알 수 있었다. 하지만 단순한 PSD의 크기 비교는 피검자의 상태와 요류음의 측정위치, 그리고 주변 환경의 영향을 많이 받을 수 있으므로 보다 객관화된 파라미터의 개발이 필요하다. 폐색이 없는 경우와 인위적으로 폐색을 유발시킨 배뇨시 계측된 요류음의 MF를 비교한 결과를 그림 7의 (a)에 나타내었다. 그리고 본 연구에 의해 구현된 실험장치를 이용한 평가에서 유효한 주파수대역으로 밝혀진 195 ~ 340 Hz 사이의 면적변화율을 관찰한 결과를 그림 7의 (b)에 나타내었다. 그리고 보다 세분화하여 요류음의 PSD면적 변화율을 분석한 결과를 표 1에 나타내었으

며, 실험장치를 이용한 평가와 유사한 253 ~ 282 Hz의 대역이 폐색을 가장 잘 반영함을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 하부요로계의 폐색을 비침습적이고 보다 편리한 방법으로 진단하기 위하여 기존의 요속검사와 동시에 요류음을 계측하고 분석하는 방법을 제안하고 그 유용성을 확인하고자 요속 및 요류음을 측정할 수 있는 시스템을 구현하였다.

구현한 시스템의 평가를 위하여 인체의 하부요로계를 모식화한 실험장치를 구성하였고, 이를 이용하여 일정한 압력 상태에서 인위적인 폐색을 여러 단계로 유발시키면서 요류음의 변화를 계측하고 분석하였다. 동일 요속에서 요류음의 ARP, MF 그리고 AVR 등을 분석하여 보상성 기능 항진의 작용 유무를 판별함으로써 하부요로 폐색의 진단을 위한 요류음 분석의 타당성을 확인하였다. 이와 같은 분석기법을 실제 사람에게 적용한 결과 요류음의 MF는 폐색이 없는 상태에서 배뇨시 101 ± 2.03 Hz이었지만 폐색을 유발시킨 경우에는 115 ± 4.58 Hz로 증가하였으며, 그리고 실험 장치를 이용한 평가에서 유효한 주파수대역으로 밝혀진 195 ~ 340 Hz 사이의 주파수대역에 대하여 면적변화율의 변화를 관찰한 결과 253 ~ 282 Hz 사이의 주파수대역이 폐색을 가장 잘 반영하는 것으로 확인되었다. 이러한 결과를 통해 기존의 요속검사의 맹점으로 인

표 1. 정상과 폐색에서의 AVR 분석결과

Table 1. Analysis results of the AVR as normal and occlusion

Area Variation Ratio	Normal Urination[%]	Occlusion Urination[%]	Z-value	p-value
195 ~ 224 Hz	12.0 ± 0.9467	16.0 ± 1.2133	17.4358	<0.001
224 ~ 253 Hz	13.6 ± 0.9833	16.2 ± 1.0133	12.3521	<0.001
253 ~ 282 Hz	13.3 ± 0.7400	18.6 ± 0.9400	29.7188	<0.001
282 ~ 311 Hz	13.7 ± 0.8267	15.4 ± 0.9433	9.0919	<0.001
311 ~ 340 Hz	13.6 ± 0.6767	14.8 ± 1.2233	5.7581	<0.001

식되고 있는 보상성기능향진의 작용 유무를 요류음의 계측 및 분석을 통해 보완 할 수 있음을 확인하였다. 향후 연구에서는 실제 임상에 적용하여 환자군의 요속 및 요류음 계측 및 분석하여 임상적 유용성 평가가 필요하리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] Keese Mark, J.H. Lee, "Older but wiser. Achieving Better Labour Market Prospects for Older Workers in Korea", *Korea Labour Institute Seminar*, Seoul, Korea, Jun, 2002, pp.65-79.
- [2] Korean prostate society, *Textbook of benign prostatic hyperplasia*, Seoul, Korea : Iljogak, 2004, pp.126-167.
- [3] Roehrborn C., Di Sylverio F., Leriche A., Ruben, Watanabe H., Cockett ATK, Aso Y., Chatelain C., "Diagnostic work-up of patients presenting with symptoms suggestive of prostatism", in *Proceedings of the First International Consultation on Benign Prostatic Hypertrophy*. Paris, France, 1991, pp.91-136.
- [4] Michael J., Stuart L., "Inter-Observer Agreement in the estimation of Bladder Pressure Bladder Pressure Using a Penile Cuff", *Neurourol Urodyn*, vol. 22, pp.296-300, 2003.
- [5] Michael J., Robert S. "Assessment of prostatic obstruction-A cuff may be enough", *Neurourol Urodyn*, vol. 22, pp.40-44, 2003
- [6] Pel J., Bosch J., "Development of a non-invasive strategy to classify bladder outlet obstruction in male patients with LUTS", *Neurourol Urodyn*, vol. 21, pp.117-125, 2002.
- [7] Van Mastrigt R., J.J.M. PEL, "Towards a noninvasive urodynamic diagnosis of infravesical obstruction", *BJU International*, vol. 84, pp.195-203, 1999.
- [8] Kenkichi Koiso, "Urophonographic Studies of the Lower Urinary Tract : A New Approach to Urodynamics", *Tohoku J Med*, vol. 151, pp.57-64, 1987.
- [9] Terio H., "Acoustic method for assessment of urethral obstruction : a model study", *Med. & Biol. Eng. & Computer*, vol. 29, pp.450-456, 1991.