

하부요로계 폐색 진단용 요류음 계측 시스템의 구현 및 평가

정도운 · 조성택 · 전계록*†

Implementation and estimation of the urophonography measurement system for diagnosis of lower urinary tract symptom

Do Un Jeong, Seong Taek Cho, and Gye Rok Jeon*†

Abstract

A sensor and measuring system were implemented to measure both uroflow and urophonography signal during urination for diagnose the lower urinary tract symptom. The implemented system was composed of the uroflow sensor using the load-cell, the urophonography measurement sensor so as stethoscope type, pre-processing part for sensors signal detection, amplifier and filter, system control parts and PC measurement program. A simulator of the lower urinary system that is experimental equipment implemented for evaluate the developed system. The two signals were measured using implemented system and analyzed these signal by means of time domain and frequency domain for extraction of the characteristic parameter which can most effectively reflected by the occlusion of the lower urinary system. Furthermore two signals were measured and analyzed with the subject of 5 healthy adult for clinical application possibility of the implemented system. As a result, the most influence bandwidth of effect according to occlusion of the lower urinary system is 253~282 Hz of the urophonography signal.

Key Words : LUTS(Lower Urinary Tract Symptom), Non Invasive Urodynamics, Urophonography

1. 서 론

하부요로증상(lower urinary tract symptom, LUTS)은 배뇨장애를 수반하는 대표적인 남성질환으로서, 환자가 쉽게 인식할 수 없을 뿐만 아니라 일단 발현되면 삶의 질을 현격하게 저하시키기 때문에 고령화에 접어드는 남성에게 있어서는 매우 관심이 높은 증상으로 인식되고 있다^[1]. 배뇨 이상 증상을 동반하는 대표적인 LUTS인 전립선 비대증은 60-70세의 남성 중 40-70%의 유병율을 보이며, 일생동안 약 80%의 남성이 증상을 겪게 되는 주요 질환이다.

전립선비대증의 진단을 위하여 임상에서는 다양한 진단방법이 적용되고 있으며, 최근에는 비 침습적이고 보다 간편한 진단방법들이 연구되고 있다. Roehrborn^[2]

은 배뇨량을 측정하여 요속으로 환산하고 이를 이용하여 하부요로 폐색을 진단하는 방법을 연구하였고, Ozawa^[3,4]는 초음파를 이용하여 요속을 측정하는 방법을 제안하였다. 이러한 요속검사법은 간편한 진단 도구로서 활용가치가 높지만 하부요로계의 보상성기능항진(compensatory hypertrophy) 즉, 초기의 하부요로 폐색시 이를 보상하기 위한 방광내압의 상승으로 폐색이 발생했음에도 불구하고 정상요속이 나타날 수 있는 단점이 있다. 따라서 보다 정확한 하부요로계의 폐색 진단을 위하여 보상성기능항진의 작용 유무를 평가할 수 있는 방광내압의 계측 필요성이 부각되었다. McRae^[5]와 Mastri^[6,7] 등은 비침습적인 방법으로 방광내압을 추정하기 위한 외부카테터를 제안하였고 이를 이용한 등용적성방광내압(isovolumetric bladder pressure)을 측정하였다. 하지만 등용적성방광내압으로부터 정확한 방광내압의 추정을 위한 보정기법이 문제시되고 있으며, 이를 개선하기 위한 연구가 지속되고 있다. 또한 Kenkichi^[8]와 Terio^[9] 등은 남성의 회음부에 콘텐서 마이크로를 부착하여 배뇨시 발생하는 요류음을 획득하고

부산대학교 대학원 의공학협동과정 (Dept. of Interdisciplinary Program in Biomedical Engineering, Pusan National University)
*부산대학교 의과대학 의공학교실 (Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Pusan National University)

†Corresponding author: grjeon@pusan.ac.kr
(Received : January 4, 2005 Accepted : January 18, 2005)

요류음의 형태를 분석함으로써 하부요로계의 진단 가능성을 제시하였다. 하지만 다양한 질환과 신체적 특성에 의한 측정의 재현성이 문제시되어 실제 임상에는 적용되지 못하고 있는 실정이다.

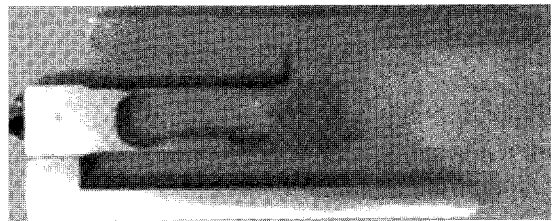
본 연구에서는 요속과 요류음을 동시에 계측하고 분석하여 보상성기능항진의 작용 유무를 판별함으로써 보다 정확하게 하부요로계의 폐색을 진단하는 시스템을 구현하고자 하였다. 이를 위하여 로드셀을 이용한 요속센서 및 청진기형 요류음 센서를 제작하였으며, 센서로부터 출력된 신호를 검출하고 처리하기 위한 전자회로부를 설계하였다. 그리고 계측된 데이터의 디스플레이 및 저장을 위하여 PC 계측 프로그램을 구현하였으며, 요속과 요류음 신호로부터 유용한 정보를 추출하기 위하여 시간영역과 주파수 영역에서의 신호처리방법을 제안하였다. 또한 구현된 시스템과 분석방법의 타당성을 평가하기 위하여 하부요로계를 모식화한 실험장치를 구현하고 이를 이용한 평가를 수행하였으며, 이를 토대로 정상성인 5명을 대상으로 요속과 요류음을 계측하여 하부요로계의 폐색진단을 위한 도구로서 요류음 계측의 유용성을 평가하였다.

2. 연구내용 및 방법

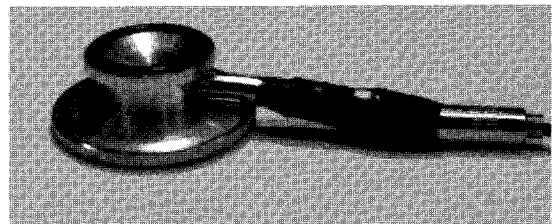
2.1. 요속 및 요류음 계측 시스템의 구현

본 연구에서는 요속과 요류음의 계측을 위하여 센서부, 센서신호의 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, 계측 시스템의 전체적인 구성도는 그림 1과 같다.

먼저 센서부는 요속 측정센서와 요류음 측정센서로 구분할 수 있으며 실제 구현된 요속 및 요류음 센서를 그림 2에 나타내었다. 요속측정 센서는 배뇨에 따른 무게의 변화를 측정하기 위하여 스트레인게이지를 금속 단상체에 짐착 후 휘스톤브릿지 회로를 이용하여 저항 변화를 전압변화로 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 2kg의 용량을 갖는 휨형 로드셀을 사용하였고, 로드셀의 상부와 하부에 지지대를 부착하여 배뇨에 따른 아티팩트(artifact)를 최소화할 수 있도록 하였다. 그리고 요류음의 계측을 위하여 청진기의 내부에 마이크



(a)



(b)

그림 2. 구현된 센서 (a) 요속센서, (b) 요류음 센서
Fig. 2. Implemented sensors (a) uroflow sensor and (b) urophonography sensor.

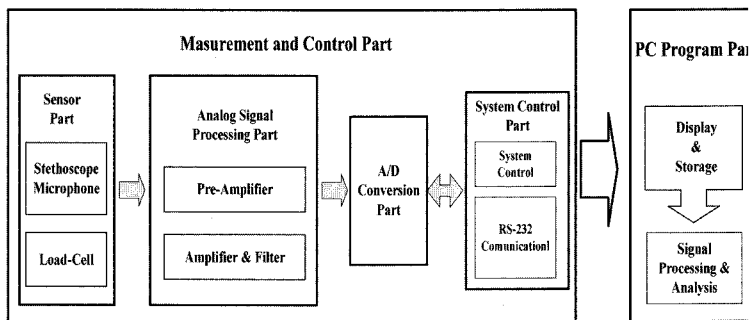


그림 1. 구현된 시스템의 구성도
Fig. 1. Block diagram of the implemented system.

로폰을 삽입한 청진기형 요류음 센서를 제작하였다. 구현된 요류음 센서는 요류음의 주요 주파수 대역인 50~1500 Hz 사이의 신호를 측정하기 위하여 리트만 청진기(2201, 3 M Co., USA)를 다이어프램(diaphragm) 모드로 사용하였다. 또한 청진기 내부에 삽입한 마이크로폰은 감도가 7 mV/Pa, 주파수 대역이 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 FET 타입의 입력을 갖는 계측용 증폭기(INA121, Burr-Brown Co., USA)를 이용한 전치증폭부를 설계하였으며, 신호에 포함된 잡음의 제거를 위하여 차단주파수가 10 Hz인 저역통과필터를 구성하였다. 또한 아날로그 샘플링 및 홀드(sample and hold) 회로를 적용하여 영점보정이 가능하게 하였고, 로드셀로부터 측정된 요중량 신호를 요속신호로 변환하고 증폭하기 위하여 미분회로와 다단 증폭부를 설계 및 제작하였다.

그리고 청진기형 요류음센서 신호의 S/N비를 높이고 LUTS의 진단에 유용한 주파수대역을 검출하기 위하여 전자회로를 설계 및 구현하였다. 먼저 콘덴서형 마이크로폰으로부터 출력되는 전류를 전압으로 변환하기 위해 연산증폭기를 이용한 전류-전압변환회로를 구성하였으며, 상용전원으로부터 유입되는 60 Hz 전원잡음의 제거를 위한 노치필터와 50~1500 Hz 사이의 대역통과필터를 설계하였다. 그리고 신호의 증폭을 위하여 연산증폭기를 이용한 다단 증폭부를 구현하였다.

요속 및 요류음 신호를 컴퓨터에서 분석 가능한 디지털 신호로 변환하기 위하여 시리얼 인터페이스로 구동되는 12비트 A/D 변환기(MCP3204, Microchip technol-

ogy Co., USA)를 사용한 데이터 변환부를 구성하였다. 그리고 A/D 변환기의 구동과 버퍼링, PC와 통신에 의한 데이터 전송 등의 처리를 위하여 VHDL(very high speed hardware description language)과 FPGA(Spartan2-30, Xilinx Co., USA)를 사용하여 시스템 제어부를 구성하였으며, 구성도는 그림 3과 같다.

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 통신 모듈과 시리얼 통신을 통하여 115.2 Kbps의 속도로 패킷통신을 수행하도록 구성하였다. 그리고 데이터에 포함된 헤드정보를 검출하여 요속 및 요류음 데이터를 구분하고 에러체크를 수행할 수 있도록 하였다. 상기에서 기술한 방법에 의해 실제 구현된 계측 시스템의 하

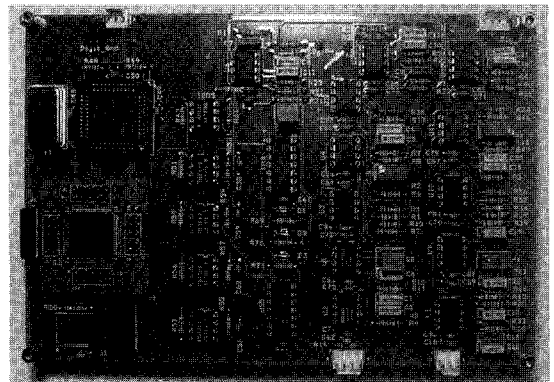


그림 4. 구현된 계측 시스템의 하드웨어 사진
Fig. 4. A hardware photograph of implemented measuring system.

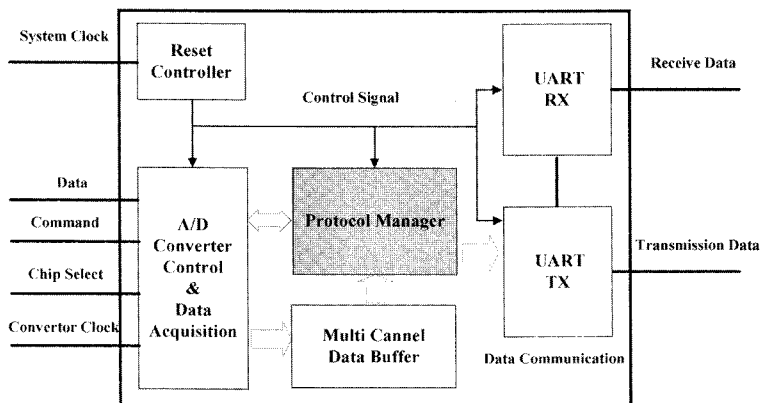


그림 3. 시스템 제어부의 구성도
Fig. 3. Block diagram of the system control part.

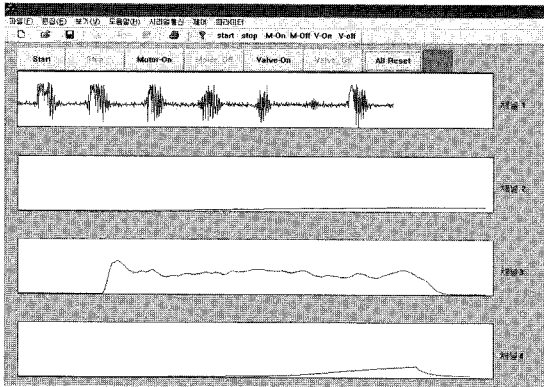


그림 5. 데이터 획득을 위한 PC 프로그램 사진
Fig. 5. The PC program photography for data acquisition.

드웨어와 PC 계측 프로그램을 그림 4와 그림 5에 각각 나타내었다.

2.2. 요속 및 요류음 데이터의 신호처리

비침습적인 방법으로는 하부요로계의 폐색을 진단하기 위하여 요속과 요류음 신호를 분석하여 폐색을 가장 잘 반영하는 특징파라미터를 검출하고자 하였다. 이를 위하여 요속 신호로부터 최대요속(maximum flow rate, MFR)과 평균요속(average flow rate, AFR)을 검출하였으며, 이를 구하기 위한 수식은 다음과 같다.

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

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

여기서, Q_{ura} 는 요속을 의미하며, VOL 은 총배뇨량을 그리고 FT 는 배뇨시간을 의미한다. 일반적으로 폐색이 없는 경우 MFR 과 AFR 은 높은 값으로 계측되며 폐색이 있는 경우에는 MFR 과 AFR 은 상대적으로 낮은 값으로 계측된다. 이와 같은 요속검사를 시행함으로써 간편한 방법으로 배뇨곤란을 호소하는 환자의 배뇨곤란 수축장애나 방광출구 폐쇄 유무를 판별할 수 있다. 하지만 요속검사 만으로는 인체의 보상성기능향진의 작용 유무를 판별할 수 없으므로 임상적으로 보다 의미를 갖는 진단을 위하여 요류음을 계측하고 데이터의 신호처리를 위하여 다음과 같은 방법을 적용하였다.

본 연구에서 계측된 요류음 신호는 계측 시스템에서 50~1500 Hz 사이의 대역통과필터를 거치고 앨리어싱(aliasing) 에러를 방지하기 위하여 차단주파수가 2.5 KHz인 저역통과필터를 거쳐 초당 5000 샘플을 획득하도록 하였다. 또한 데이터의 분석에 앞서 PC 상에서

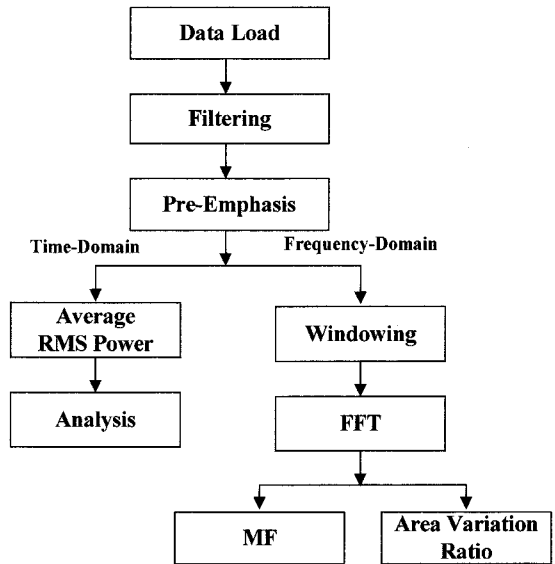


그림 6. 적용한 분석 기법의 구성도
Fig. 6. Block diagram of the applied analysis method.

50~1500 Hz 사이의 대역통과필터를 설계하여 전처리를 수행하였다. 그리고 전처리된 요류음 신호의 배경잡음을 최소화하고 신호의 특징부를 강조하기 위하여 다음 수식으로 표현되는 Pre-emphasis를 수행하였다.

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

Pre-emphasis를 수행한 요류음 신호를 시간영역과 주파수 영역에서의 분석으로 구분하여 신호처리 하였으며, 본 연구에서 적용한 분석 기법의 구성도는 그림 6과 같다. 먼저 시간영역 분석에서는 요류음의 평균신표치전력(average RMS power, ARP)을 추출하여 폐색에 따른 변화 양상을 관찰하였다. 그리고 주파수 영역의 분석에서는 윈도잉 기법을 적용 후 FFT를 이용한 전력스펙트럼 밀도(power spectrum density, PSD)를 추출하고 중심주파수(median frequency, MF)와 주파수 대역별 면적변화율(area variation ratio, AVR)을 분석하였다.

2.3. 실험장치의 구성

구현된 시스템의 평가를 위하여 하부요로계를 모식화한 실험장치를 구현하였다. 실험장치는 인체의 방광 기능에 해당하는 물탱크와 요도의 기능을 수행하는 실리콘 튜브 그리고 전립선비대 등과 같은 폐색을 인위적으로 유발시킬 수 있는 폐색 조절부 등으로 구성하였으며, 구현된 실험장치의 구성도는 그림 7과 같다.

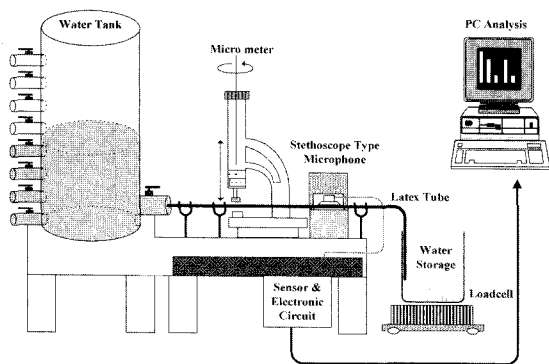


그림 7. 구현된 실험장치의 구성
Fig. 7. Composition of the implemented experimental equipment.

인체에서 요를 저장하는 방광의 기능을 대행하는 물 탱크는 물의 수위를 조절하여 방광 내압을 인위적으로 조절할 수 있도록 하였다. 즉 방광 내압을 10 cmH₂O 단위로 최소 0 cmH₂O에서 최대 140 cmH₂O까지 조절이 가능하도록 하였다. 그리고 인체의 요도를 모식화하기 위하여 직경 5 mm의 실리콘 튜브를 이용하였고 전립선비대증과 같은 폐색을 유발하기 위해 마이크로 미터를 이용하여 인위적으로 폐색을 조절할 수 있는 장치를 구성하였다. 또한 폐색 조절부로부터 약 5 cm 떨어진 거리에 요류음 측정센서를 위치시켜 폐색에 따라 발생하는 요류음을 계측할 수 있도록 하였다. 그리고 실리콘 튜브의 끝 부분에 요속 측정부를 두어 요속 측정이 가능하도록 하였다.

3. 실험 및 결과

3.1. 실험장치를 이용한 분석 결과

하부요로폐색을 진단하기 위하여 하부요로계를 모식화한 실험장치를 구현하고 이를 이용하여 계측한 요속 및 요류음의 유용성 평가를 수행하였다. 먼저 정상 성인의 배뇨 시 방광 내압에 해당하는 30 cmH₂O와 70 cmH₂O의 일정 압력 하에서 0, 1.0, 2.0, 3.0, 3.2, 3.4, 3.6, 3.8, 4.0 그리고 5.0 mm의 인위적인 폐색을 유발시켰다. 그리고 각각의 폐색에 대하여 요속과 요류음을 5 회씩 계측하였으며 반복실험을 통해 총 100건의 데이터를 획득하였다.

이와 같이 획득된 요속 및 요류음 데이터의 평가를 위하여 시간 영역과 주파수 영역에서 분석하였다. 먼저 시간영역에서의 분석에서는 30 cmH₂O와 70 cmH₂O 일 때의 폐색 정도에 따른 요속과 ARP를 동시에 분석하였으며, 분석 결과를 그림 8과 그림 9에 각각 나타내었다. 그림 8에서 30 cmH₂O의 압력일 때 폐색이 없을 경우 요속은 16 ml/sec였다. 하지만 폐색이 존재하더라도 보상성기능항진에 의해 압력이 높아지면 이와 동일한 요속은 나타날 수 있다. 그림 9에서 압력을 70 cm H₂O로 증가시키고 약 3.2 mm의 폐색을 유발시키면 이때 약 16 ml/sec의 요속을 보이게 된다. 따라서 위의 예와 같은 상황에서 일반적인 요속 검사만으로는 폐색의 진단이 불가능하며 이러한 현상은 요속검사의 맹점으로 인식되고 있다. 하지만 요속검사와 동시에 요류음을 계측하면 보다 정확한 폐색의 진단이 가능하다. 즉 30 cmH₂O의 압력일 때 폐색이 없을 경우 요속은 16 ml/

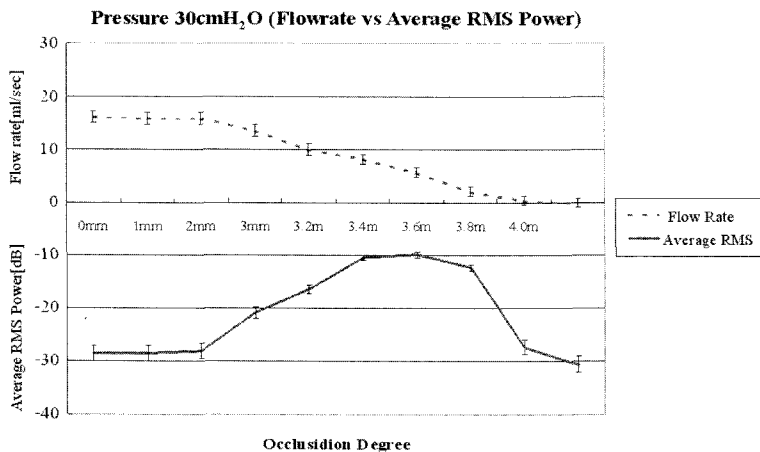


그림 8. 30 cmH₂O의 폐색을 유발한 경우 요속과 요류음의 변화
Fig. 8. Variation of the flowrate and the urophonography induced by 30 cmH₂O occlusion.

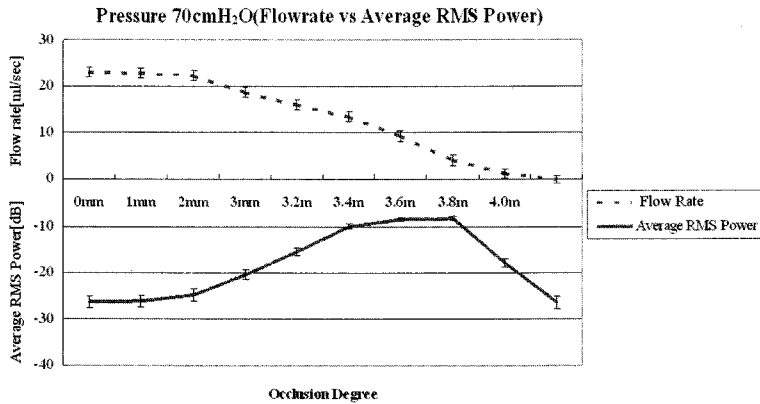


그림 9. 70 cmH₂O의 폐색을 유발한 경우 요속과 요류음의 변화
 Fig. 9. Variation of the flowrate and the urophonography induced by 70 cmH₂O occlusion.

sec이며 요류음의 ARP는 -28 dB이었다. 하지만 폐색이 발생하고 보상성기능항진이 작용하여 방광내압이 높아졌을 경우를 가정한 70 cmH₂O의 압력과 3.2 mm의 폐색이 인가된 경우 요속은 16 ml/sec였다. 하지만 이때 요류음의 ARP는 -15 dB로서 폐색이 없는 경우의 -28 dB와는 상당한 차이를 보여주고 있으며, 이는 요류음의 분석이 보다 의미 있는 하부요로계의 폐색 진단을 위한 유용한 도구로서 사용될 수 있음을 시사한다.

시간 영역에서 요류음의 ARP 분석 외에 보다 폐색의 정도를 잘 반영할 수 있는 파라미터의 추출을 위하여 주파수 영역에서의 요류음 분석을 시도하였다. 요류음의 성분 중 폐색의 정도와 관련된 주파수 대역을 검출하기 위하여 FFT를 이용하여 폐색의 정도에 따른 주파수 스펙트럼의 변화양상을 관찰하였다. 그 결과 폐색의 정도에 따라서 주파수성분의 변화가 관찰되었으며, 특히 100~500 Hz 대역에서 변화가 뚜렷하게 나타

났다. 요류음의 FFT 결과로부터 요류음의 특정 주파수가 변화되는 양상을 관찰하기 위하여 PSD를 계산하였고, PSD의 50%가 되는 주파수 즉, MF를 분석하여 압력이 30 cmH₂O일 때와 70 cmH₂O일 때의 폐색의 정도에 따른 변화양상을 그림 10에 나타내었다. 그림 10에서 볼 수 있듯이 압력이 70 cmH₂O일 때가 30 cmH₂O일 때보다는 MF가 전체적으로 높게 나타났으며, 폐색 정도가 3~3.8 mm일 때는 MF가 120~150 Hz 사이에서 일정하게 나타났다. 그리고 폐색정도가 4.0 mm일 때는 MF가 각각 220 Hz와 150 Hz로 가장 높게 나타났으며 폐색정도가 4.0 mm를 넘으면서 급격하게 줄어들었다. 이와 같은 양상은 FFT의 결과로부터 유추를 해볼 수 있는데 폐색의 증가에 따른 약 200~400 Hz 대역의 성분이 증가하는 구간에서는 MF가 일정한 크기를 보이고, 폐색이 보다 심해져 4.0 mm가 되면 저주파 대역의 비율이 감소하면서 상대적으로 MF가 증가하는 양상을 보이게 된다. 이상의 결과로서 요류음의 MF 분석은

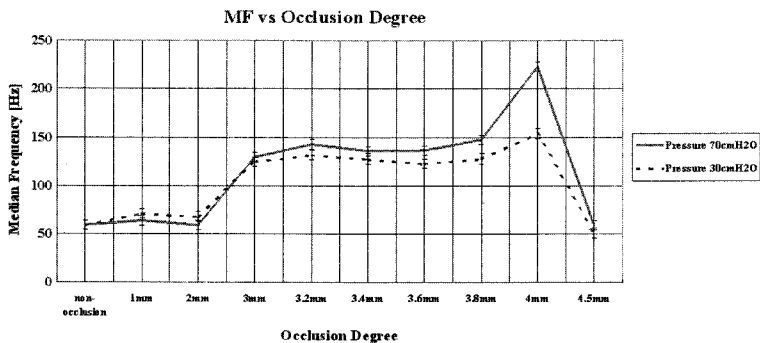


그림 10. 폐색에 따른 요류음의 MF 분석 결과
 Fig. 10. Result of MF analysis on the urophonography by occlusion.

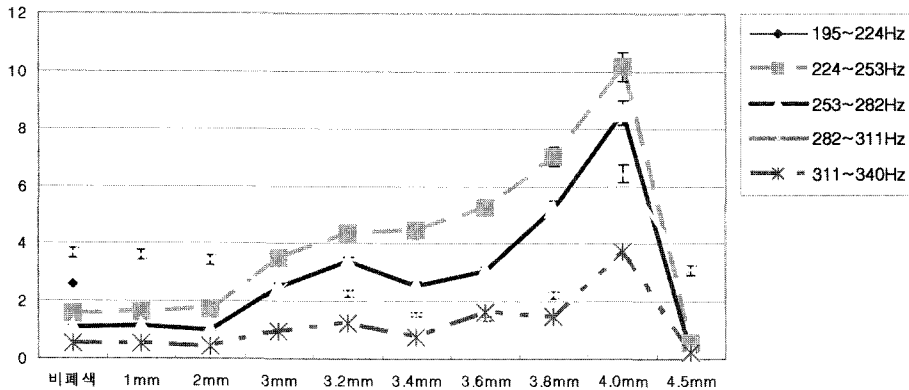


그림 11. 195~340 Hz 구간의 대역별 면적변화

Fig. 11. Area variation of frequency bandwidth in 195~340 Hz.

폐색의 정도를 세분화하기에는 무리가 있지만 폐색의 유무를 결정하기에는 유용한 파라미터로 활용될 수 있을 것이다.

폐색에 따른 요류음의 주파수 영역 분석에서 MF의 분석은 폐색의 유무를 평가하기에는 적절하나 폐색의 정도를 객관화하기에는 무리가 있다. 따라서 폐색의 정도를 보다 잘 반영하는 주파수 대역을 찾기 위하여 요류음의 FFT 결과로부터 50~1500 Hz 대역의 전체 면적을 100으로 정규화(normalize)한 PSD를 계산하였다. PSD의 결과로부터 전체 주파수 대역을 10등분하여 각 주파수 대역별로 폐색의 정도에 따른 면적의 변화율을 분석하였으며 분석결과 폐색의 정도를 가장 잘 반영하는 주파수 대역은 약간의 불규칙적인 면적 변화를 보이긴 하나 195~340 Hz 대역으로 관찰되었다. 이 대역을 보다 세분화하여 폐색의 정도를 잘 반영할 수 있는 주파수대역을 찾고자 5 등분으로 세분화하여 분석하였고, 그 결과를 그림 11에 나타내었다. 분석 결과 224~253 Hz구간이 폐색의 정도를 가장 잘 반영하는 주파수 대역임을 알 수 있었다.

3.2. 실제 배뇨 시의 실험결과

하부요로계를 모식화한 실험장치를 이용하여 하부요로계의 폐색진단에 있어 요류음 분석의 유용성을 확인하였다. 하지만 구현된 시스템의 임상적용 가능성을 평가하기 위하여 실제 사람을 대상으로 요속과 요류음을 계측하고 분석하였다. 실험대상으로는 건강한 20대 성인남성 5명을 대상으로 하여 정상배뇨와 인위적인 폐색을 유발시킨 상태에서의 배뇨를 각각 2회씩 계측하여 총 20케이스의 요속 및 요류음 데이터를 분석에 활용하였다. 먼저 정상상태의 요속 및 요류음의 데이터

계측을 위하여 평상시와 동일하게 자유배뇨를 수행하였고, 폐색 상태에서의 요속과 요류음의 계측을 위하여 배뇨 시 회음부에 압박을 가하여 인위적인 폐색을 유발시키며 데이터를 계측하였다.

자유배뇨와 인위적인 폐색을 유발시킨 배뇨에서의 요속변화를 관찰하였다. 실험결과 폐색을 유발시키지 않은 자유배뇨 시의 평균요속은 13.5 ml/sec, 최대요속이 22.3 ml/sec를 나타내었고, 인위적인 폐색을 유발시켰을 경우에는 평균요속이 12.1 ml/sec, 최대요속이 18.2 ml/sec로 나타났으며, 자유배뇨 보다는 평균요속과 최대요속이 감소하는 경향을 보였다.

자유배뇨와 인위적인 폐색을 유발시킨 배뇨에서의 요류음 변화를 관찰하였다. 실험결과 인위적인 폐색을 유발시킨 경우 요류음의 진폭이 대폭 증가하는 양상을 보였으며, 요류음의 ARP 분석결과 자유배뇨에서는 -35.3 ± 2.15 dB를 나타내었지만 인위적인 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.

자유배뇨와 인위적인 폐색을 유발시킨 배뇨에서의 요류음을 주파수영역에서의 분석하기 위하여 FFT를 수행한 결과 인위적인 폐색을 유발시킨 경우 스펙트럼의 크기가 증가하는 양상을 관찰할 수 있다. 즉, 하부요로계의 폐색 진단을 위하여 요류음을 분석할 때 주파수영역의 파워스펙트럼의 크기만으로도 폐색과 비폐색의 구분이 가능함을 시사하고 있다. 하지만 단순한 파워스펙트럼의 크기 비교는 피검자의 상태와 요류음의 측정위치, 그리고 주변환경의 영향을 많이 받을 수 있으므로 보다 객관화된 파라미터의 개발이 필요하다.

4. 결 론

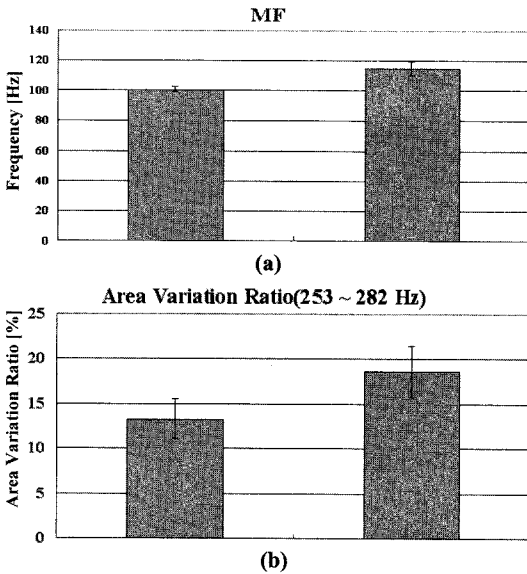


그림 12. 정상배뇨 및 폐색배뇨의 분석 결과 (a) MF, (b) AVR

Fig. 12. Analysis result of the normal and the occlusion urination (a) MF and (b) AVR.

표 1. 정상배뇨 및 폐색배뇨의 분석 결과

Table 1. Analysis result of the normal and the occlusion urination

Parameter	Normal Urination	Occlusion Urination
MF	101 ± 2.03 Hz	115 ± 4.58 Hz
Area Variation Ratio	195~224 Hz	12.0 ± 2.84
	224~253 Hz	13.6 ± 2.95
	253~282 Hz	13.3 ± 2.22
	282~311 Hz	13.7 ± 2.48
	311~340 Hz	13.6 ± 2.03
		14.8 ± 3.67

따라서 주파수영역의 정규화를 통해 보다 객관화된 파라미터로서 PSD로부터 MF와 실험장치를 이용한 평가에서 유효한 주파수 대역으로 밝혀진 195~340 Hz 사이의 면적변화율을 관찰하였으며, 그 결과를 그림 12와 표 1에 각각 나타내었다. 실험결과를 살펴보면 MF는 폐색유발 시 실험장치에서의 결과와 동일하게 약간 상승하는 결과를 보였으며, 면적변화율은 실험장치를 이용한 평가에서 유효한 주파수대역으로 밝혀진 224~253 Hz 사이의 주파수대역과 유사한 253~282 Hz의 대역이 폐색을 가장 잘 반영함을 알 수 있었다.

본 연구에서는 하부요로계의 폐색을 비침습적이고 보다 편리한 방법으로 진단하기 위하여 기존의 요속검사와 동시에 요류음을 계측하고 분석하는 방법을 제안하고 그 유용성을 확인하고자 하였다. 이를 위하여 요속 및 요류음을 측정할 수 있는 시스템을 구현하였으며, 하부요로계를 모식화한 실험장치를 이용한 평가와 실제 정상성인을 대상으로 배뇨 시의 요속 및 요류음 계측 실험을 수행하였다. 먼저 하부요로계를 모식화한 장치를 이용한 실험에서는 인위적인 압력과 폐색의 정도에 따른 요속 및 요류음의 변화를 관찰하였으며, 동일 요속에서 요류음의 ARP, MF 그리고 AVR 등을 분석하여 보상성기능항진의 작용 유무를 판별함으로써 하부요로폐색의 진단을 위한 요류음 분석의 타당성을 확인하였다. 그리고 실험장치를 이용한 평가의 결과를 바탕으로 실제 정상성인 5명을 대상으로 자유배뇨와 인위적인 폐색유발 배뇨에서의 요속 및 요류음을 분석한 결과 요류음의 ARP는 자유배뇨 시 -35.3 ± 2.15 dB를 나타내었고, 폐색을 유발시킨 경우에는 -24.9 ± 5.48 dB로 증가하였다. 또한 요류음의 MF는 자유배뇨 시 101 ± 2.03 Hz이었지만 폐색유발 시에는 115 ± 4.58 Hz로 증가하였다. 그리고 실험장치를 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.

본 연구에서는 기존의 요속검사의 맹점으로 인식되고 있는 보상성기능항진의 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 유용성을 평가할 필요성을 느끼며, 폐색의 유무뿐만 아니라 폐색의 정도와 하부요로계 질환의 분류를 위한 다양한 분석 기법의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

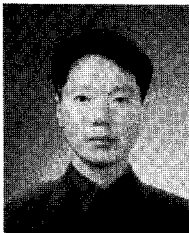
감사의 글

이 논문은 “과학기술재단 기초과학연구사업 특정기초연구”의 지원에 의하여 연구되었음(R01-2002-000-00496-0).

참고 문헌

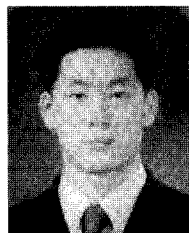
[1] 대한비뇨기과학회지, 제3권 비뇨기과학, 고려의학, 2001.

- [2] Roehrborn C., Di Sylverio F., Leriche A., Ruben, Watanabe H., Cockett A.T.K., Aso Y., and Chatelain C., "Diagnostic work-up of patients presenting with symptoms suggestive of prostatism", *In Proceedings of the FIC on BPH Paris*, vol. 17, pp. 91-136, 1991.
- [3] Ozawa H., Kumon H., Yokoyama T., Watanabe T., and Chancellor M.B., "Development of noninvasive velocity flow video urodynamics using Doppler sonography. Part I. Experimental urethra", *J. Urol.*, vol. 160, no. 4, pp. 1787-1791, 1998.
- [4] Ozawa H., Kumon H., Yokoyama T., Watanabe T., and Chancellor M.B., "Development of noninvasive velocity flow video urodynamics using Doppler sonography. Part II. Clinical application in bladder outlet obstruction", *J. Urol.*, vol. 160, no. 4, pp. 1792-1796, 1998.
- [5] McRae L.P., Bottacini M.R., and Gleason D.M., "Noninvasive quantitative method for measuring isovolumetric bladder pressure and urethral resistance in the male: 1. Experimental validation of the theory", *Neurourol Urodyn.*, vol. 14, no. 1, pp. 101-114, 1999.
- [6] Van Mastrigt R. and J.J.M. PEL, "Towards a non-invasive urodynamic diagnosis of infravesical obstruction", *BJU International*, vol. 84, no. 2, pp. 195-203, 1999.
- [7] Van Mastrigt R. and Kranse M., "Accuracy of non-invasive urodynamics in diagnosing infravesical obstruction", *Neurourol Urodyn.*, vol. 14, no. 2, pp. 451-452, 1999.
- [8] Kenkichi Koiso, "Urophonographic Studies of the Lower Urinary Tract : A New Approach to Urodynamics", *Tohoku J. Exp. Med.*, vol. 151, no. 1, pp. 57-64, 1987.
- [9] H. Terio, "Acoustic method for assessment of urethral obstruction : a model study", *Med. & Biol. Eng. & Comput.*, vol. 29, no. 2, pp. 450-456, 1991.
- [10] 정도운, 전계록, 배진우, 김길중, 심윤보, "휴대형 혈액가스분석 시스템의 구현 및 평가", *센서학회지*, 제12권, 제1호, pp. 34-43, 2003.
- [11] 정도운, 조성택, 남기곤, 정문기, 전계록, "로드셀을 이용한 요류검사기의 구현 및 평가", *센서학회지*, 제13권, 제6호, pp. 436-445, 2004.



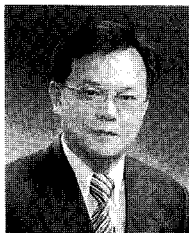
정 도 운 (Do-Un Jeong)

- 2000년 동서대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
- 2002년 부산대학교 대학원 의공학협동과정 졸업(공학석사)
- 2002년 ~ 현재 부산대학교 대학원 의공학협동과정 박사과정
- 주관심분야 : 생체계측시스템, 생체신호처리



조 성 택 (Seong-Taek Cho)

- 2003년 동서대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
- 2003년 ~ 현재 부산대학교 대학원 의공학협동과정 석사과정
- 주관심분야 : 의용계측, 영상신호처리, 생체시스템 모델링



전 계 록 (Gye-Rok Jeon)

- 1978년 부산대학교 공과대학 전기기계공학과 졸업(공학사)
- 1982년 부산대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1993년 동아대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1985년 ~ 현재 부산대학교 의과대학 교수
- 2000년 ~ 현재 부산대학교 의과대학 의공학교실 주임교수
- 주관심분야 : 의용계측, 영상신호처리, 생체시스템 모델링