

휴대용 디지털 요역동학검사장비의 설계와 Calibration

Calibration and Design of ambulatory digital urodynamic study system

윤대영*, 김거식**, 서정환***, 김정섭****, 송철규*****, 양영광*****, 이상옥*****

Dae-Young Yoon, Keo-Sik Kim, Jeong-Hwan Seo, Kyeong-Seop Kim,
Chul-Gyu Song, Young-Kwang Yang, Sang-Ok Lee

Abstract - Urodynamic study system is widely used for neurogenic bladder patients in various clinical setting. Generally they include 2 pressure sensors from bladder and rectum, and 1 EMG sensor. The rectal pressure catheter is often the source of data error because of gas passage and the fall out of the catheter from anus, and source of discomfort in ambulatory urodynamic system.

This study is to design and calibrate the ambulatory digital urodynamic study system that can discard the rectal pressure catheter, which can make patients more comfortable and doctors can get more physiologic data. As a first step, we compared our new system with Dantec Duet[®] urodynamic system (Dantec, Denmark) and wanted to see the possibility of our new system.

Key Words : Urodynamic study system, rectal pressure catheter, EMG sensor

I. 서 론

현대는 노인인구의 가파른 증가로 인하여 고령화 사회에서 고령사회로 변화하고 있다. 고령사회로 변화함에 따라 노인 질환에 따른 치료 및 재활의 필요성이 증대하고 있는 상태이다. 이 중에서도 방광기능의 이상에서 오는 비뇨기 기능질환이 급증하고 있는 상태이다. 이에 따라 정기적으로 요역동학검사(Urodynamic study)를 받을 필요가 있다. 하부요로는 요의 저장과 주기적 배출의 두 가지 기능을 가지고 있으며, 기능상 방광과 요도의 2부분으로 나뉘어져 있다. 요역동학검사(Urodynamic study)는 방광과 요도의 동적 기능적 활성을 조사하고 이 양자의 협조관계를 파악하는 검사이다. 요역동학검사(Urodynamic study)는 문진이나 이학적 검사, 요역동학검사, 또는 내시경 검사로는 알수 없는 하부요로의 생리학적 기능과 병태를 객관적으로 파악하며, 각종의 배뇨 기능 장애, 즉 요실금, 신경인성방광염 등을 진단하고 그 치료 방법을 결정하는데 중요한 정보로 사용되고 있다. 요역동학검사(Urodynamic study)는 방광내압측

정과 요도괄약근의 기능을 조사하는 요도내압측정 및 근전도 측정, 배뇨행위를 기록하는 요류측정으로 이루어진다.

기존의 요역동학 검사는 쇄석위 자세에서 실시되므로 일상생활 동작과 여러 가지 자세변화에 따른 복강내압 및 방광기능의 변화를 적절히 반영할 수 없으며 검사시마다 방광기능검사실로 이동해야 하는 불편함이 있고 검사비도 비교적 고가이므로 환자에게 부담이 될 수 있다. 또한 장비의 규모가 크고 검사 시 환자에게 식염수를 투여해야 하는 불편함을 가지고 있는 등 여러 가지 단점을 가지고 있다.

휴대용 방광기능 검사는 빈번한 추적검사가 필요한 환자를 대상으로 정확하면서도 비용이 적게 들고, 침상이나 가정에서도 간단히 시행할 수 있는 디지털 방식의 휴대용 방광기능 측정(방광압, 배뇨압, 배뇨상태평가)기술이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 방광기능검사장비의 대규모성과 방법의 복잡성을 탈피하고 휴대용 방광시스템을 적용하여 환자의 방광내압과 직장내압을 24시간 모니터링 할 수 있는 휴대용 요역동학검사 시스템의 설계와 Calibration을 하기로 하였다. 이에 시스템을 고안하였으며 Calibration을 하기 위해 기존의 요역동학검사 장비인 Dantec Duet[®] urodynamic system (Dantec, Denmark)와 비교하였다.

저자 소개

- *正 會 員 : 全北大學 메카트로닉스工學科 碩士課程
- **學生會員 : 全北大學 電子工學科 碩士課程
- ***正 會 員 : 全北大學 再活醫學科 副教授
- ****正 會 員 : 建國大學 醫學工學部 助教授
- *****正 會 員 : 全北大學 電子情報工學部 助教授
- *****學生會員 : 全北大學 電子情報工學部 學士課程

II. 실험 방법

2.1 시스템의 설계

본 시스템은 방광관련 환자에 카테터를 직접 방광에 삽입하여 방광내압과 방광경부압을 카테타의 센서로 검출하고 그 센서에서 나온 압력값(수mv)의 신호를 아날로그증폭기

(instrumentation amp02)에서 증폭하고 이를 디지털화 시켜 메모리에 저장시키는 동시에 별도의 LCD를 통해 압력단위 (cmH₂O)로 디스플레이 된다. 저장된 데이터는 메모에 별도의 파일로 저장되게 된다. 메모리에 저장된 데이터는 컴퓨터를 통한 분석을 위하여 USB포트를 통해 컴퓨터에 최대 700Kbyte의 속도로 다운로드 할 수 있으며 이 다운로드한 데이터를 이용하여 통계프로그램이나 그 밖의 소프트웨어를 사용 방광내압과 방광경부압을 분석하여 환자의 상태를 분석할 수 있도록 하기 위하여 설계되었다.

전체적인 Block Diagram은 그림1과 같다.

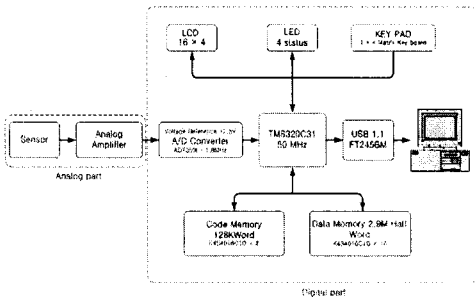


그림1 System Block Diagram

컴퓨터와 전송을 위하여 채용된 USB는 FT245BM을 사용하여 USB 1.1과 2.0시스템에서도 사용할 수 있게 하였다. 내부에 컴퓨터 전송용으로 384Byte의 메모리가 있고, 컴퓨터 수신용으로 128Byte의 메모리가 있다. 직접 access할 경우 최대 700KByte/sec의 전송 속도를 낼 수 있고 Virtual Comport를 사용할 경우 300KByte/sec의 전송 속도를 낼 수 있다. A/D 컨버터는 AD78591을 사용하였으며 센서에서 입력되는 3개 채널의 아날로그신호를 입력받아 디지털신호로 변화하여 TMS320C31 DSP프로세서에 전송하는 역할을 한다. 최대 입력 채널은 8 채널이며 입력 가능전압레벨은 센서의 입력 LEVEL을 고려하여 0-4V까지로 제한을 두었다. SENSOR에서 입력된 아날로그신호의 임피던스 매칭을 위하여 INSTRUMENTATION AMP02를 사용하였다. 아날로그증폭에서 전원의 60Hz 노이즈성분을 제거하기 위하여 60Hz차지필터 회로를 사용하였으며 센서에서 나온 오프셋 성분을 감산하여 오프셋제거 회로를 사용하였다.

데이터메모리는 센서를 통해서 입력된 신호를 저장하는 장치로 A/D컨버터에서 입력되는 데이터가 12BIT로 구성되어 있으므로 메모리의 경우 16BIT로 구성하였다. 차후 상위 4BIT는 데이터의 종류를 분리할 수 있는 플로토콜용 헤드로 사용된다. LCD는 환자의 ID, 날짜(년, 월, 일)등을 디스플레이 하거나 센서에서 입력된 신호를 압력단위(cmH₂O)로 디스플레이하여 현재 피검자의 방광압력을 나타내어 준다. 그림2는 본 연구에서 고안한 휴대용 디지털 요역동학 시스템이다. 왼쪽의 아날로그파트, 오른쪽의 디지털파트, 키패드 등으로 이루어져 있다.

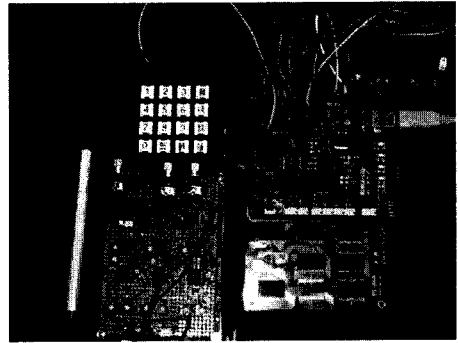


그림2. 고안된 요역동학검사시스템

2.2 calibration

그림3은 현재, 요역동학 검사실에서 사용되고 있는 Medtronic사의 calibration kit(DPT 9022K012^T M)이다.

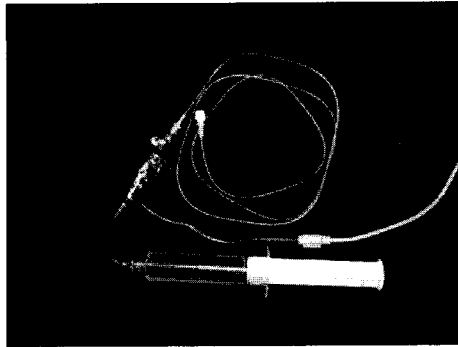


그림3. Calibration kit

그림3의 센서는 기존의 Dantec Duet[®] urodynamic system (Dantec, Denmark)에서 사용되는 센서이다 튜브의 끝을 바닥의 위치, 즉 튜브의 높이를 0cm에서 시작하여 높이 100cm사이를 90초 동안 서서히 움직이면서 센서에서 발생되는 신호를 데이터로 저장하여 디스플레이 하였다. 또한 갑작스런 압력변화에 대응하기 위하여 Motion artificial noise를 부가하여 이때의 반응도 평가하였다. 이와 같이 압력에 따른 증폭부의 gain을 조정하였다. 다음에 나오는 표1과 같이 0cmH₂O일때 0.5V, 100cmH₂O일때 3.5V로 gain을 조절하였다.

Voltage	0.5V	3.5V
Pressure	0cmH ₂ O	100cmH ₂ O

표1. 압력에 따른 gain조정

이렇게 아날로그 증폭부에서 0.5-3.5V로 조정된 신호는 디지털부에서 신호가 처리되어 메모리에 저장된다. 데이터의 저장과 디스플레이는 키패드를, 사용 환자의 ID,년,월,일순으로 환자프로필과 사용년.월.일을 기록, 입력이 끝난후 시작버튼을 누르면 시스템이 동작하게 된다. 센서에서 들어오

는 신호가 A/D변환기를 거쳐 TMS320C31 DSP프로세서에서 10Hz로 샘플링되어 메모리에 저장되며, 또한 이 신호를 10포인트씩 평균값을 산출하여 약1초마다 LCD창에 압력단위로 디스플레이 해주도록 하였다.

2.3 system uniqueness

기존의 요역동학 시스템에서는 방광내압과 방광경부압을 측정하기 위한 2개의 압력센서가 부착된 카테타가 인체에 삽입되며, 복압을 측정하기 위해 항문에 들어가는 압력카테타가 삽입된다. 하지만 본 연구에서 제안된 시스템은 항문으로 삽입되는 항문 카테타를 제거하고 대신 복부에서 발생하는 EMG 신호를 분석하고 복압을 측정하였으며, 기존에 방광의 압력을 측정하기 위하여 강제적으로 생리 식염수를 주입하였던 방법을 사용하지 않고 시간에 따라 방광에 축적되는 자연적인 뇨를 사용하게 된다. 또한 임피던스 방식을 적용하기 배뇨시점을 검출하도록 하였다. 이는 24시간동안의 데이터를 저장할수 있는 본 시스템의 특성 때문에 가능하다.

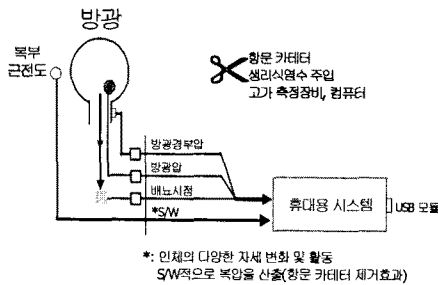


그림4. 시스템의 독창성

III. 결과 및 고찰

그림5는 압력이 0cmH₂O일때와 100cmH₂O사이를 서서히 변화시키면서 발생하는 신호를 디지털부를 거쳐 저장 시킨 후 matlab을 이용하여 나타낸 그림이다. 이때 matlab6.5를 이용하였고 노이즈를 제거하기 위하여 2hz lowpass filter를 사용하였다.

Calibration Data

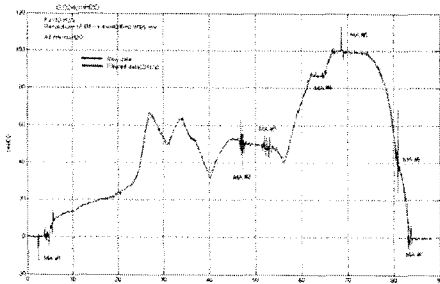


그림5 0cmH₂O-100cmH₂O일때의 신호값

그림5에서 보는바와 같이 튜브의 끝단의 높이를 0cm에서 100cm로 변화함에 따라 압력의 변화도 0-100cmH₂O로 변하는 것을 알수 있다.

또한 방광 피측정자의 갑자스런 환경변화에 따른 압력 변동을 고려하여 motion artificial noise에 따른 신호를 확인 함에 있어서도 센서의 반응이 민감함을 알 수 있다. 이 시스템을 Dantec Duet[®] urodynamic system 과 비교한 결과 두 시스템이 동일한 성능을 나타냈다.

IV. 결론

시스템을 설계하고 Calibration한 결과 기존장비를 대체할 수 있는 가능성을 보였다. 시스템이 아직 완벽하지 않은 관계로 임상실험은 하지 않은 상태이다. 보완사항으로 일상생활에서의 동작으로 인한 복압의 변화가 방광에 미치는 영향을 배제할수 있는 소프트웨어의개발이 필요한 사항이며, 휴대용 마이크로 팁 카테타의 제작에 있어서 외경의 크기가 작은 초소형 압력센서의 확보가 이루어 져야 할 것이다. 또한 안정된 시스템을 구성하기 위하여 전원부의 노이즈를 제거하기 위한 회로 설계와 시스템의 ASIC화가 필요할 것이다. 시스템 보완 이후 임상실험을 통하여 직접적으로 환자의 데이터를 24시간동안 검출하고 그 데이터를 이용, 환자의 방광내압과 방광경부압의 변화를 분석함으로써 기존의 단시간동안 측정되었던 방광 압력측정시스템 보다 좀더 정밀한 분석이 이루어질 것으로 보인다. 이런 분석을 통하여 방광관련질환의 새로운 해석이 나올 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Ridings PC, Bloomfield GL, "Blocher CR. Cardiopulmonary effects of raised intra - abdominal pressure before and after intravascular volume expansion", J. Trauma 1995; 39: 1071-5
- [2] Sugerma HJ, Baron PL, Fairma RP. "Hemodynamic dysfunction in obesity hypoventilation syndrome and the effects of treatment with surgically induced weight loss". Ann Surg 1988; 207: 604-13
- [3] Scaglione R, Ganguzza A, Parrinello G., " Central obesity and hypertension: pathophysiologic role of renal haemodynamics and function", Int J Obes Relat Metab Disord 1995; 19: 403-9
- [4] Gudmundsson F.F., Gislason H.G., Dicko A, Horn A, "Viste A, Gron K, et al. The effect of prolonged increased intra-abdominal pressure on gastrointestinal organs in pig", Surg Endosc 2001; 15: 854-60
- [5] S.D. Eckford, R.Finney*, S.R.Jacksonand P.Abrams, "Detection of urinary incontinence during ambulatory monitoring of bladder function by a temperature sensitive device.", British Journal of Urology 1996; 77: 194-197