망형저항체를 이용한 하부요로 파라미터 측정 시뮬레이터의 구현

전상현*, 이희정*, 박현*, 손정만*, 정도운**, 정문기***, 전계록****

Implementation and Usefulness assessment of LUTS parameter measurement simulator Using the Net type resistant

S. H. Jun*, H. J. Lee*, H. Park*, J. M. Son*, D. W. Jung**, M. K. Jung*** and K. R. Jun****

Abstract

In this paper, had known weighing machine from the urine weight measuring, nonflexible net type resistant installed on uroflowmetry measures of occured uroflow from the origin voided flow vector force and detrusor action related to gain newly form's uroflowmetry embodied and than, whether clinical application took usefulness assessment.

Key Words: Lower urinary track symptom, obstruction, uroflowmtry, net type resistnat

* 부산대학교 대학원 의공학협동과정
** 동서대학교 정보네트워크 공학과
*** 부산대학교 의과대학 비뇨기 과학교실
**** 부산대학교 의과대학 의공학 교실

1. 서론

하부요로계의 질환은 중년 이후의 남성들에게서 전립선 또는 요로계의 조직학적 노화로 나타나는 증상으로 인해서 심각한 후유증이나 생활의 불편과 같은 다양한 피해를 겪게 한다[1],[2]. 이러한 하부요로계의 증상 진단을 위해 여러 가지 방법론이 연구되어졌으나 실제 임상에서는 대부분 침습적인 방법이 시행되어 지고 있으며 이로 인한 불편 및 환자로부터의 거부감을 줄이기 위한 노력으로 비침습적인 하부요로 진단 검사 방법이 오래 전부터 연구되거나 논의되어졌다[3],[4].

비침습적인 하부요로검사방법으로 Uroflowmetry를 이용한 요량 및 요속 검사 방법이 개발되어 이미 임상의 모니터링 검사 방법으로 적용되고 있으나 Uroflowmetry를 통해 얻는 요속등의 정보는 비침습적인 간접측정으로부터 얻은 것으로서 임상 진단용으로 사용되기에는 제한적일 수밖에 없고 주로 진단 초기의 질환 유무 선별 검사용으로 사용되고 있다. 이 것을 극복하고 임상 진단에 필요한 주요 파라미터를 추출할 수 있는 Uroflowmetry 개발과 관련한 다양한 연구가 계속 되고 있다.

본 논문에서는 기존의 알려진 저울식 요중량 측정으로부터 요속을 측정하는 Uroflowmetry상에 탄성이 적은 망형 저항체를 장착하여 요속 발생에 근원이 되는 Void Flow Vector Force 및 배뇨 행위와 관련한 특성 정보들를 얻을 수 있는 새로운 형태의 Uroflowmetry를 구현하였으며 임상 적용이 가능한지 유용성 평가를 하였다.

2. 남성 배뇨 현상의 물리학적 고찰

동역학적 측면에서 배뇨 중의 발생되는 배출된 뇨의 운동 경로는 중력 가속도에 의한 포물선 운동을 나타내고 있다(그림.1).

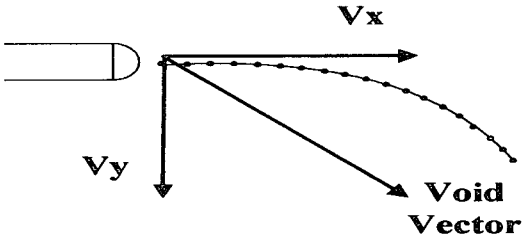

그림 1. 배뇨 현상 중 뇨의 동역학적 운동 고찰
fig.1. Dynamical motion of Consideration diagram during voiding

일반적인 포물선 운동 이론을 고려할 때 배뇨 현상 중 뇨는 방광압으로 인해 발생되는 초기 속도 V_0를 가지고 요도를 따라 운동한다고 가정하고 음경으로부터 배출된 순간을 생각했을 때 $V_0\cos\Theta$값을 가지는 V_x벡터 성분과 $V_0\sin\Theta - g\Delta t$인 V_y벡터 성분의 합으로 나타나는 벡터 운동을 하게 되며 이를 Void Vector라고 부를 때 식(1)과 같은 형태로 간단하게 나타낼 수 있다.

$$VoidVector = \sqrt{(V_{0x}\cos\Theta)^2 + (V_{0y}\sin\Theta - g\Delta t)^2} \quad \text{-----(1)}$$

g:중력

여기서 g는 중력을 나타내며 Void Vector의 방향성분을 제외한 Scala scale, 즉 크기는 그 순간의 요속을 나타낸다. 그리고 이 때 뇨의 운동이 나타나기 위해 필요한 힘은 배출된 요중량과 요속의 비례관계로 나타나며 뉴튼의 운동 제 2법칙에 의하여 식(2)로 나타낼 수 있다.

$$Void\ Flow\ Force = M\frac{\Delta VoidVector}{\Delta t} \quad \text{-------(2)}$$

M:배출된 요중량

3. 망형저항체를 가진 시뮬레이터 구현

배출되는 요중량과 요속의 변화는 방광압 상태의 영향을 받는다. 특히 요속 변화는 뇨의 초기 속도 V_0 값에 가장 영향을 많이 받는데 이 것 역시 방광압 상태에 따라 달라진다. 그러므로 위

이론에 근거한다면 Void vector force의 크기는 방광압 상태를 반영할 수도 있는 정보로서 사용할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 Void Vector 또는 Void Flow Force를 어떻게 측정하느냐하는 것이 중요한 문제가 될 수 있을 것으로 사료되므로 이를 고려한 새로운 형태의 측정 장치를 구현하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 촘촘한 테니스 라켓의 머리부분에서 연상될 수 있는 형태의 새로운 망형 저항체를 구상하였으며 망형저항체가 Void Flow에 의해 힘을 받게 되는 과정을 그림 2에 나타내었다.

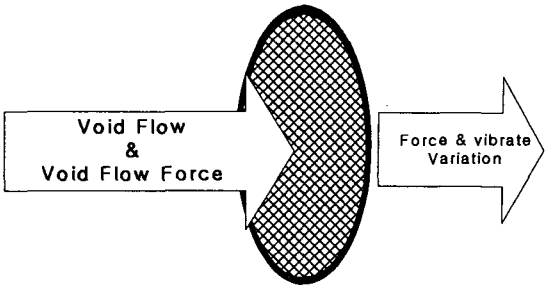

그림 2. Void Flow가 망형 저항체에 힘을 전달하는 과정

fig. 2. process of void flow pressure on net type resistant

배출된 뇨가 위와 같은 구조물의 망형 저항체를 거치거나 통과할 때 요속(Void Flow)의 변화와 Void Flow Force 변화의 상호작용에 의한 힘을 망형저항체가 받게 되며 이 때 망형저항체가 받는 힘은 망의 진동으로 나타난다 배출 된 뇨가 망형 저항체를 통과할 때 저항체가 받는 힘을 측정하기 위하여 위, 아래에 각각 로드셀을 장착한 특수한 구조물에 망형 저항체를 장치하였다.

측정 시스템은 망형저항체를 가진 특수한 형태의측정 구조물과 디지털 전자 저울의 로드셀 센서를 사용한 신호 입력부와 신호 필터링 및 증폭부, A/D 변환 및 데이터 획득부, 데이터 분석을 위한 컴퓨터 시스템으로 이루어져 있으며 전체적인 신호 입력 및 처리 체계는 그림 3과 같다.

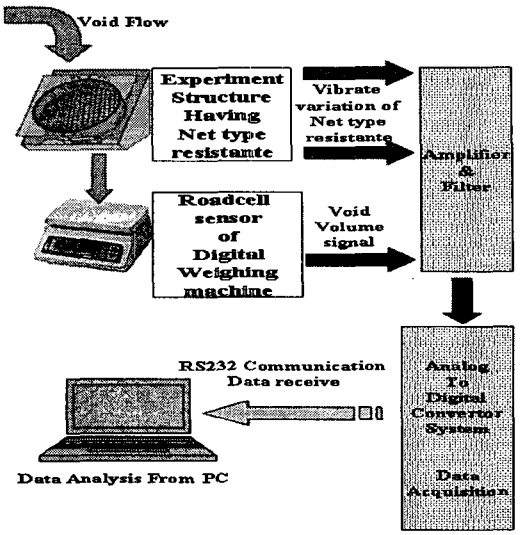

그림 3. 전체 시스템 구성도

fig. 3. Block diagram of total experimental system

4. 구현된 시스템의 유의성 평가

구현된 측정 시스템에서 배뇨량, 요속은 디지털 저울에 적용되는 로드셀 센서 회로를 이용한 측정 시스템을 구현하여 측정하였으며 측정 정확도 평가를 위하여 먼저 100g와 500g 분동(counterweight)을 이용하여 2점 교정을 수행 후 교정곡선 및 교정방정식을 획득하였고, 100ml, 300ml, 400ml, 500ml 그리고 600ml 용량의 용액을 각각 10회씩 반복 측정하여 평균, 표준편차, 평균오차 및 오차율, 그리고 계수변화율 등을 계산하여 표 1에 나타내었다.

표 1. 구현된 요류검사 시스템의 정확도 평가 실험 결과

capa / Item	100mL	300mL	400mL	500mL	600mL	Average
Mean	99.71	300.07	400.18	500.25	600.07	·
SD	0.710	0.959	0.904	0.871	0.889	0.866
E_av	0.642	0.841	0.813	0.758	0.746	0.760
E_av(%)	1.834	2.397	2.004	1.681	1.621	1.907
C.V	0.713	0.311	0.219	0.174	0.145	0.312

또한, 망형 저항체를 장치한 측정시스템을 포함한 전체 하부요로 파라미터 계측 시스템의 유의성 평가를 위하여 20cmHg, 40cmHg,

60cmHg, 80cmHg, 100cmHg의 일정 압력에서 유속을 인가하였을 때. 각각의 Void Flow Force, Flow rate, Flow Volume의 데이터를 각각 측정하였다.

5. 결과 및 고찰

망형 저항체를 이용한 측정 시스템의 유의성 평가실험에서 Void Flow Force의 신호는 유속 발생 시 망이 물과 부딪히며 발생되는 미세한 진동에 의한 신호로 나타났다. 그러나, 주파수 파워 스펙트럼 분석을 수행해본 결과 유의성 있는 결과는 나타나지 않았다. 그러나 일정한 압력 인가를 단계별로 증가시키며 실험해 본 결과 주파수의 Magnitude 성분의 변화가 있는 것으로 나타났으며, 요속, 배뇨량의 실험결과 값과 함께 표 2에 나타내었다.

표 2. 망형저항체를 이용한 측정실험 결과

The result of the experiment			
Pressure (cmHg)	Void Flow Force (V)	Flow rate (mL/sec)	Flow Volume (mL)
20	0.85	10.96	225
40	1.2	14.58	301
60	2.2	17.08	360
80	2.8	19.63	410
100	4.52	23.86	522

6. 결 론

본 연구에서는 비침습적인 하부요로 증상 감시 시스템으로서 일반적으로 사용되고 있는 Uroflowmetry의 측정 한계를 극복하고 환자에게 더욱 편리함과 동시에 거부감을 덜 수 있는 새로운 형태의 Uroflowmetry를 제안하고자 하였으며, 그 대안책으로 망형저항체를 사용하여 요속, 배뇨량 외에 Void Flow Force의 파라미터를 측정할 수 있는 측정 시스템을 구현하여 유의성 평가를 실시하였다. 특히 Void Flow Force의 신호는 미세한 망의 진동으로 나타나지만 방광압의 상태를 추정하는정보로 사용 할 수 있는 가능성을 가진 것으로 사료된다. 비록, 망형저항체를 사용함에 따라 측정에 있어서 몇 가지 물리적인 문제점과 선형성이 떨어지는 단점이 있으나 차후 관련 보완 연구가 이루어짐으로써 이 문제점들을 극복하여야 할 것이다.

또한 Void Flow Force의 특성 파라미터 분석 알고리듬과 요속, 배뇨량과 같은 다른 파라미터와 함께 분석하여 임상 유의성 있는 정보로 사용할 수 있도록 하기 위해서는 더 많은 실험과 검토 및 연구 개발이 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

[1] Chande. P.K. Katiyal, S. Shrivastava, M.Ramani,A. K. ,"Expert based uroflow metering system", IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation, p1521~p1524, 1991.

[2] 윤재영, 이현보, 정호석, 서홍진, 한창희, 박용규"한국 남아의 연령 및 배뇨량에 따른 요속 Nomograms", 대한비뇨기과학회지 39권 5호, 1998.

[3] 대한비뇨기과학회, "제3판 비뇨기과학", 고려 의학, 2001

[4] 박혁준, 이정주, 정문기, "50세 이상 정상인에서의 최고요속의 평가", 대한배뇨 장애 및 요실금 학회지 3권 2호, p121~p122, 1999.