

Computerized spirometer의 개발

차은중, 박인석, 송춘희, 김도우, 구용숙*, 이태수
충북대학교 의과대학 의공학교실, 생리학교실*

Development of Computerized Spirometer

E.J. Cha, I.S. Park, C.H. Song, D.W. Kim, Y.S. Goo*, T.S. Lee
Department of Biomedical Engineering and Physiology*, Chungbuk National University

Abstract

Computerized spirometer was developed in a form of proto type system. The system consisted of pneumotachometer, flow measurement unit, fan ventilator unit, and software program. Patient's respiratory flow signal was first converted to corresponding pressure drop signal by a screen type pneumotachometer, sensed by a differential pressure transducer, amplified and low pass filtered, and digitized at a rate of 100 Hz, then fed into a PC thru RS-232C serial port. Customized application software controls data acquisition followed by computation of test parameters. The fan ventilator unit dries and eliminates microorganism in the pneumotachometer after each test. The system performs conventional spirometric tests and manages the test results in a database for retrograde research. The proto type system was fully developed and the commercialized system is currently being built up.

서론

폐기능검사는 기도와 폐, 그리고 흉곽 및 호흡근으로 구성되는 호흡기구(respiratory apparatus)의 이상 유무를 진단하는 임상검사이다. 여러 가지 폐기능검사 중 폐활량검사(spirometry)는 폐의 용적 변화와 이의 미분치인 기류변화를 계측하여 환기능(ventilation)을 주로 측정하는 검사로써 폐질환자 뿐만 아니라 수술전 환자와 산업재해 환자의 호흡기능 평가에 흔히 수행하는 빈도높은 검사이다[1]. 그림 1에 폐활량검사의 개념도를 보였다.

폐활량검사를 수행하는 폐활량계는 과거에는 폐의 상대용적(relative lung volume) 변화를 직접 측정하였으나 동특성(dynamic characteristic)의 한계 때문에 근래에는 호흡기류의 변화를 측정하는 방식으로 발전해 왔다. 특히 최근에는 시간의 함수로 측정되는 호흡기류신호를 A/D 변환한 후 PC를 사용하여 여러 가지 정량적인 분석을 수행하는 시스템의 형태로 제조되어 고가에 판매되고 있다. 이

와같은 전산화 폐활량계(Computerized spirometer)는 전량 수입에 의존하고 있고 폐활량검사가 널리 통용되는 검사라는 점을 감안할 때 국산화가 시급한 실정이다. 이에 본 연구팀에서는 전산화 폐활량계의 핵심부분인 호흡기류 계측시스템을 개발한 바 있으며[2] 사용자용 PC-software를 추가 개발하여 성공적인 국산화를 완료하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 개발, 국산화에 성공한 전산화 폐활량계는 Pneumotachometer, Flow measurement unit, Fan ventilator unit, 그리고 PC로 구성하였으며(그림 2 참조) 그 각각에 대해 아래에 설명한다.

1. Pneumotachometer

폐활량검사에서 계측하고자 하는 호흡기류는 0-900 LPM의 넓은 범위를 가지고 있고 호흡기류의 절대치를 정확하게 측정해야 하며 그 측정지가 측정환경에 무관해야 한다. 이러한 요구조건을 모두 만족하는 계측방식에는 pneumotachography가 있으며 가장 널리 사용되는 방식이기 때문에 본 연구에서도 이를 채택하였다[3]. 아세탈을 재료로 하여 본 시스템 전용의 screen type pneumotachometer를 설계, 제작하였으며[2,3] pneumotachometer를 분해하지 않고도 screen을 간단히 교체할 수 있도록 고안하였다. Screen으로는 생화학 실험 등에서 particle filter로 흔히 사용되는 stainless steel 재질의 #300 screen을 사용하였다.

2. Flow measurement unit

위에 설명한 pneumotachography기술은 호흡기류가 screen(mechanical resistance)을 지날 때 screen 양단 간에 발생하는 압력강하가 호흡기류에 관계된다는 원리를 이용하기 때문에 차동압력센서가 필수적이다. 본 연구에서는 $\pm 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ 의 계측범위를 가지는 semiconductor differential pressure transducer(MicroSwitch, Honeywell division, U.S.A.)를 채택하여 호흡기류신호를 압력강하신호로 변환하였다.

차동압력센서가 출력하는 신호를 적절히 증폭하고 저역필터링(20 Hz)하여 0-5 Vdc 범위의 출력신

호를 얻은 후 A/D-conversion 하여 RS-232C serial port로 data를 전송하는 회로를 설계, 제작하였다. Serial port로 연결되는 PC에서는 program을 통하여 data acquisition을 제어하도록 하였으며 sampling 주파수는 100 Hz로 고정하였다.

3. PC-software

폐활량 검사를 손쉽게 수행할 수 있도록 프로그램을 개발하였다. 폐활량검사는 검사방법이 표준화되어 있고 진단용 매개변수를 계산하는 방식도 공개되어 있으므로 기존의 고가 수입장비를 참고하여 국내 종합병원의 폐기능 검사실에서 편리하게 사용할 수 있도록 설계하였다. C-language를 사용하여 memu방식으로 진행되도록 DOS-version을 개발하였으며 현재 windows-version을 개발중이다.

4. Fan ventilator unit

Pneumotachometer에 사용되는 screen은 환자의 호흡기류가 지날 때 기류내의 습기와 이물질이 침착되기 때문에 screen을 가열하고 기류필터를 사용하는 등의 방법을 사용하고 있다. 본 연구에서는 한 환자의 검사가 완료되고 다음 환자를 준비하는 동안 pneumotachometer를 강제환기 시킴으로써 습기와 이물질을 동시에 제거하도록 하였다. 사용자가 switch-on하면 약 3분동안 relay가 fan ventilator를 구동하도록 timer circuit을 설계, 제작하였다.

결 과

1. Pneumotachometer의 특성

Pneumotachometer를 설계, 제작하여 특성실험을 수행하였다. 일정한 기류를 발생시켜 흘려주며 압력강하는 기류의 2차함수로 정확하게 나타낼 수 있었으며 0.99 이상의 상관관계를 보였다. 기류계측의 동특성은 pneumotachometer와 압력센서 간의 catheter의 길이와 직경 및 재질에 관계된다. Catheter로는 내경이 2.5mm인 polyethylene tube를 사용하였으며 약 3 m 길이에 대해 step response를 계측하여 2차 시스템으로 modeling해 본 결과 적어도 50 Hz 까지는 평탄한 주파수 특성을 얻었다. 실제 시스템에서 사용예정인 catheter의 길이는 약 1.5 m 정도이며 호흡기류 자체의 신호성분의 최대 주파수가 약 10 Hz 이내인 점을 감안하면 충분히 훌륭한 동특성을 얻을 수 있다.

2. Flow measurement unit

최종 출력전압이 0-5Vdc 이고 약 20 Hz에서 신호를 차단하는 저역필터 회로를 설계, 제작하여 PCB의 형태로 제작하였다. 전용 A/D 변환보드 역시 PCB의 형태로 제작하여 범용 PC의 serial port에 연결할 수 있도록 proto-type unit을 완성하였다.

3. Fan ventilator unit

Flow measurement unit과 마찬가지로 timer circuit을 PCB의 형태로 제작하여 proto-type unit

을 완성하였다.

4. PC-software

본 시스템에서 수행하고자 하는 검사종목은 통상 폐활량검사의 범주에 포함되는 FVC(forced vital capacity), SVC(slow vital capacity), MVV(maximum voluntary ventilator) 검사와 연구목적으로 수행하기도 하는 BrPAS(breathing pattern analysis)의 4가지로 결정하였다. 각각의 검사종목에 대하여 환자가 자발적으로 수행해야 하는 호흡 방식을 정리하였고 이에 따라 data acquisition을 제어하는 프로그램을 작성하였다. 검사별로 data acquisition이 완료되면 약 30종목에 달하는 임상진단용 매개변수들을 계산하는 algorithm을 개발하였다. 검사결과를 사용자가 review하여 적절한 검사결과 set를 결정한 후 database에 누적하고 필요한 report를 출력하도록 하였다. Database에 누적된 검사결과를 대상으로 사용자가 규정하는 조건에 맞는 검사결과들을 검색하여 임상연구 등에 활용할 수 있도록 database program도 준비하였다. FVC 검사시 참고하는 예측치는 방대한 자료조사를 거쳐 사용자의 결정에 따라 3가지 중 하나의 예측치 계산 공식 set를 선택할 수 있도록 하였다. 사용자 프로그램의 주 메뉴와 그 기능을 요약하면 아래와 같다.

- (1)PATIENT : 환자에 관한 기본정보의 입출력
- (2)TEST : 검사과정의 제어 및 임상진단용 매개변수의 산출
- (3)REPORT : 검사결과와 출력
- (4)DBASE : 데이터베이스의 관리
- (5)CALIB : 시스템 calibration
- (6)SETUP : 시스템 환경의 설정
- (7)HELP : 시스템 기능에 관한 설명

고찰 및 결론

본 연구에서는 전량 수입, 고가에 판매되고 있는 전산화폐활량계를 국산화하였다. 앞서 개발한 호흡기류계측시스템[2]과 함께 사용할 수 있도록 PC-software를 작성하여 완성하였다. 본 시스템은 기존의 수입제품과 대등한 검사기능을 가지고 있으며 국내 병원의 환경에 맞게 일부 편의성을 제공하고 있다. 기류계측시 필요한 차동압력센서를 제외하고는 모두 저가 국산 부품을 사용하고 있어서 부품수급의 문제는 없다. 차동압력센서는 수입제품이지만 전세계적으로 의료기기에 사용되는 범용 부품이므로 역시 저가공급이 가능하다. 현재 proto-type 시스템을 완성하였으며 임상실험을 진행중이다. 임상실험을 완료하는 대로 판매용 제품의 제작과 함께 국내시장에 공급할 계획이다.

Acknowledgement

본 연구는 1995년도 G7 의료공학기술 개발사업의 지원으로 이루어졌음.

참고문헌

- [1]Grodins FS and Yamashiro SM. Respiratory function of the lung and its control. MacMillan Publishing Co., New York, NY, 1978.
- [2]차은중, 이태수, 구용숙. 호흡기류 측정시스템의 개발. 춘계 의공학회 학술대회 논문집 제 17권 제 1호, pp.64-67, 1995.
- [3]Buess CH, Boutellier U, and Koller EA. Pneumotachometers. In:Encyclopedia of medical devices and instrumentation. ed. Webster JG, Vol. 4. pp.2319-2324, John Wiley & Sons, New York, NY, 1988.

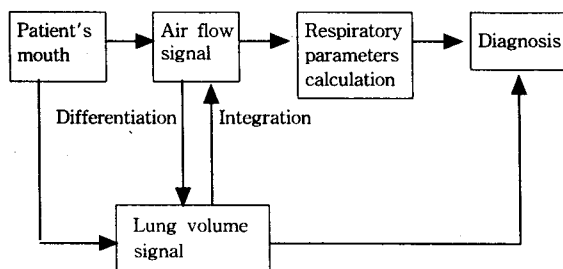


그림 1. 폐활량검사의 개념도

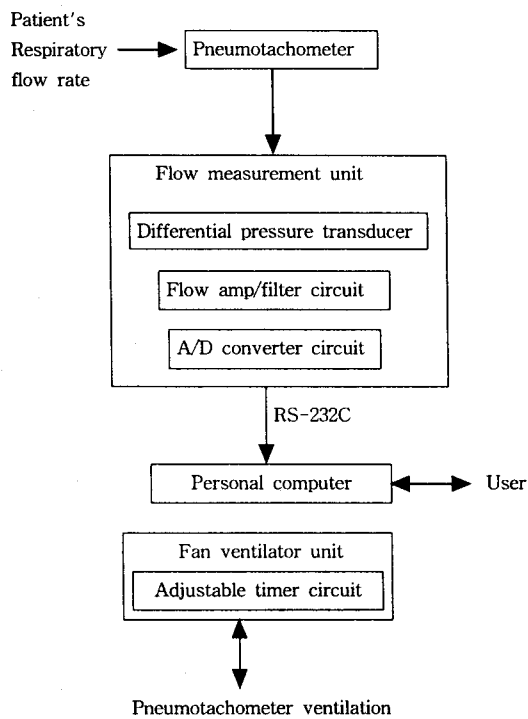


그림 2. 전산화 폐활량계의 구성도