체질 진단을 위한 O-링 경근력 계측시스템의 개선에 관한 연구

°김 양 영, 김 주 명, 양 경 모, 고 수 복, 정 동 명
원광대학교 전자공학과

A Study on Improvement of the O-Ring Measurement System for the Constitutional Diagnosis

°Y. Y. Kim, J. M. Kim, K. M. Yang, S. B. Ko, D. M. Jeong
Depatment of Electronic Engineering, WONKWANG University

Abstract

In this paper, we improved the O-Ring Measurement System(O-R MS) based on oriental constitutional theory of four classes for objectify constitutional diagnosis by O-Ring test method which is one of effective methods in several constitutional diagnosis.

The result of using in a half of year, some problems are pointed out. To settle these problems, we improved the actuator, display module, sensor module, and hardware of controller. Also, the software is supplemented to using the more decision parameters.

It is estimated to have a high practical use for the objectified constitutional diagnosis.

I. 서 론

한의학에서 환자에 대한 질병의 진단이나 치료를 할 때 가장 먼저 고려되는 것이 환자의 체질이다. 그 이유는 체질이 개인의 신경 생리적 특색을 반영하고 있기 때문이다[1,2,3]. 체질을 진단하는 대표적인 방법 중 가장 널리 사용되는 O-링 테스트법은 의사의 경험이나 주관에 의존하여 행하였던 단점이 있다[4,5]. 이러한 단점을 보완하기 위해 경근력의 측정을 측정자의 주관을 배제한 객관적이고 정량적으로 실행하기 위하여 본 연구실에서는 O-링 경근력 계측시스템을 개발하였다[6,7]. 개발된 시스템을 약 반년간에 걸쳐 임상에 적용한 결과 액츄에이터, 판정 결과의 표시방식 등이 문제점으로 지적되었다. 이에 따라 지적된 문제들을 해결하기 위해 액츄에이터를 재설계하여 제작하고, 디스플레이부를 보다 다양한 측정 정보를 표시하도록 하였으며 제어부의 하드웨어를 개선하였다. 또한 체질의 진단에 위한 판정 파라메터의 증가를 위해 손가락 확장거리 계측센서를 추가 설치하였고 이로 인한 경근력 변화의 판정을 하는 소프트웨어를 보완하였다.

II. O-링 경근력 계측시스템의 H/W 개선

기존에 개발한 O-링 경근력 계측시스템은 체질을 진단하는 의사의 경험이나 주관에 의존한다는 점을 배제하고 객관성을 나타내며 경근력의 미소한 차이도 식별하기 위해서 사진 1과 같이 제작하였다. O-링 경근력 계측시스템의 전체 구성은 그림 1과 같으며 크게 액츄에이터 및 압력 발생 장치, 제어 장치부, 키보드 입력부 및 디스플레이부, 계측 센서부로 구성되어 있다.

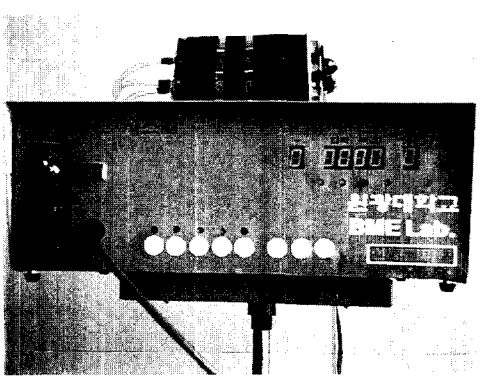


사진 1. O-링 경근력 계측시스템 (개선 전)

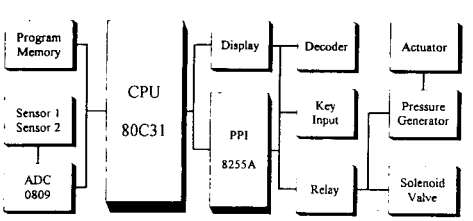


그림 1. 전체 구성도

II-1. 액츄에이터 및 압력 발생 장치

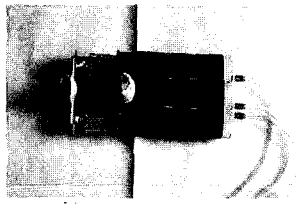
의사의 손으로 행하던 검사를 대신하기 위하여 소형 공압 실린더를 사용하여 액츄에이터를 제작하였으며 실린더에 압력 발생 장치로 압력을 가하여 실린더 내부의 피스톤을 동

작시킴으로써 O-링 모양의 피검사자의 손가락을 확장시키도록 설계하였다.

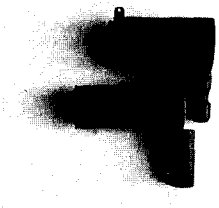
공기 압력을 발생시키기 위한 압력 발생 장치는 출력이 80W이고 분당 8Liter의 용량을 가지는 공기 압축기를 사용하였다.

액츄에이터의 초기 설계 모델은 직경이 27㎜인 공압 실린더 3개를 병렬로 연결하여 제작하였다. 그러나 액츄에이터의 재질이 플라스틱으로 되어있기 때문에 피스톤의 이동시 마찰저항이 발생하고 손잡이의 간격이 고정된 구조이어서 손가락의 길이가 긴 사람과 짧은 사람이 사용할 때 측정 조건이 동등하지 못하기 때문에 객관성이 떨어질 수 있다는 문제점이 지적되었다.

이에 따라 마찰저항을 최소화 시킬 수 있는 재질을 선택하여 손잡이의 간격을 사용자에 따라 변화를 주어 동등한 조건에서 경근력 측정을 할 수 있도록 하였고 지름이 48㎜인 실린더를 이용하여 제작하였다. 초기의 액츄에이터와 개선 후 액츄에이터를 사진 2에 나타내고 있다.



(a) 개선 전



(b) 개선 후

사진 2. 액츄에이터 비교

II-2. 제어 장치부

액츄에이터의 동작명령과 실행, 측정치의 디스플레이를 위한 시스템의 제어장치는 인텔사의 MCS-51 계열 원칩 80C31 마이크로프로세서를 이용하여 제작하였다. CPU에서 사용할 수 있는 포트인 P1 포트는 디스플레이 데이타를 전송하는데 사용하므로 포트의 확장을 위해서 병렬 입출력 소자인 8255A를 사용하여 포트 A는 공기 압축기와 솔레노이드 밸브의 제어용 포트로 사용하였고, 포트 B는 8개의 키보드의 입력을 받을 수 있도록 설계하였으며 포트 C는 디스플레이부로 인터페이스 하였다.

액츄에이터 동작을 위한 공기 압축기와 솔레노이드 밸브는 초기 설계시 12[V]로 동작하는 릴레이를 이용하여 설계하였으나, 최종적으로는 공기 압축기를 단순히 On/Off 동작시키는 것이 아니라 공기 발생량을 경근력의 세기에 맞추어 가변시킬 수 있는 전력 제어가 가능하도록 그림 2와 같이 개선하였다.

개선된 회로에서는 부하가 AC 220[V]에서 동작하므로 양방향으로 전류가 흐를 수 있는 트라이액을 이용하여 설계하였다. 트라이액 게이트 단자에 Zero Crossing Detector가 내장된 Photo-Triac소자인 모토로라사의 MOC3061을 연결하여 교류전원의 위상이 0°일때 트리거 펄스를 발생하여 전자파 발생과 노이즈가 없는 스위칭이 되도록 하였다. 동작 신호는 TTL 드라이브 소자 ULN2003을 거쳐 각각의 부하를 제어하도록 하였다.

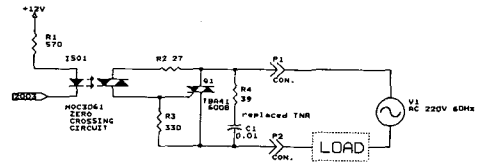


그림 2. 개선된 드라이브 회로

II-3. 키보드 입력부 및 디스플레이부

시스템의 동작 명령을 위하여 푸쉬버튼 스위치를 사용하여 병렬포트 8255A의 B포트로 입력을 받도록 하였고, 각 스위치의 기능은 표 1과 같다.

표 1. 키보드의 종류별 기능

구 분	기 능
Set Start	무자극 조건에서 측정 시작
Start	자극 조건에서 측정 시작
Stop	동작의 정지, 모드 변경

측정한 정보의 표시를 위해 초기 제작한 모듈은 무자극 조건에서 경근력 측정이 시작되면 경근력의 세기와 측정 시간이 실시간으로 표시된다. 측정이 완료되면 최대 경근력의 세기와 측정 시간이 표시된다. 자극 조건의 경근력 측정이 시작되면 무자극 조건의 측정 정보는 소거되고 새로운 측정 정보가 표시되므로 기존의 정보를 챠트에 기록을 해야하는 번거로움이 있었다. 또한 체질 진단 판정을 할 때 무자극 조건과 자극 조건의 정보가 동시에 표시되지 않는 단점이 있어서 그림 3과 같이 표시부를 재구성하였고 그 의미는 표 2와 같다.

II-4. 계측 센서부

환자의 경근력의 변화를 측정하여 체질을 진단하는데 필요한 파라메터로는 우선적으로 경근력의 세기와 측정을 하는데 걸린 시간이 사용된다. 이에 따라 경근력의 세기를 측정하기 위하여 사용된 센서는 압전저항 효과(piezo resistor

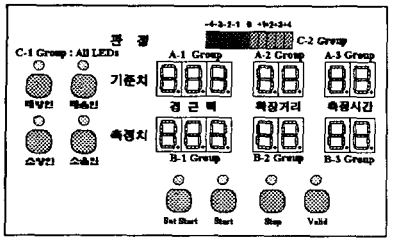


그림 3. 디스플레이부

표 2. 디스플레이부 내용

구 분 (Group)	기 능
A-1	무자극 조건의 경근력의 세기
A-2	무자극 조건의 손가락 확장 거리
A-3	무자극 조건의 측정 시간
B-1	자극 조건의 경근력의 세기
B-2	자극 조건의 손가락 확장 거리
B-3	자극 조건의 측정 시간
C-1	스위치의 상태 표시
C-2	판정 결과 표시 레벨 메터

effect)를 이용한 스트레인 게이지에 의한 휘스톤 브리지 방식의 압력센서를 사용하였고, 센서가 동작하면서 스트레인 게이지의 저항치가 변하면 전류가 따라서 변하므로 비선형적인 출력 특성이 나오지 않도록 정전류회로를 설계하여 부하의 변화에 관계없이 항상 일정한 전류가 공급될 수 있도록 하였다.

센서에서 측정된 미세한 신호를 마이크로프로세서로 처리하기 위해서 LM358 OP-Amp을 사용하여 TTL레벨까지 증폭하였고 센서의 감도는 피측정자의 경근력이 강하여 설정한 압력 측정 조건을 벗어날 경우와 힘이 기준 이하이면 증폭기 출력 범위를 벗어나 계측이 불가능하므로 감도 조절이 가능하도록 설계하여 그림 4와 같이 제어부로 인터페이스 하였다.

또한, 체질을 진단하는 판정 파라메터로 경근력의 세기만을 고려하면, 손가락의 벌어진 상태에서도 힘을 쓰기 때문에 손가락의 확장 거리가 중요한 변수로 작용할 수 있다는 지적에 따라 손가락의 확장 거리를 측정하기 위해서 액츄에이터의 상단에 포텐셜 메터를 부착하여 거리 계측이 가능하도록 설계하였다.

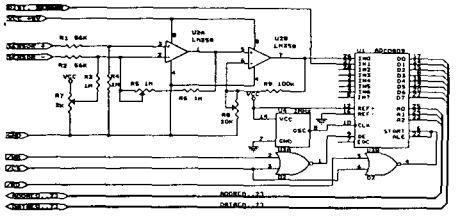


그림 4. 센서 인터페이스 회로

센서에서 계측된 신호를 마이크로프로세서로 처리하기 위하여 8비트 ADC 0809의 채널 0번과 채널 1번에 각각 인터페이스 시켜서 처리하였으며 계측 시간은 마이크로프로세서 내부에 있는 타이머 인터럽트를 50㎳로 설정하여 계측 시간을 표시할 수 있도록 하였다.

Ⅲ. O-링 경근력 계측시스템의 S/W 개선

기존의 O-링 경근력 계측시스템은 피측정자가 무자극 조건에서 계측한 정보를 저장하고, 자극 조건에서 계측한 정보와 비교를 하여 경근력의 세기 변화를 「High」와 「Low」로 표시하였다. 그러나 거리 계측 센서의 부착과 디스플레이 모듈의 개선으로 인하여 소프트웨어를 개선하였다.

동작은 처음 「Set Start Key」를 눌러 측정을 시작하면 기기의 동작과 함께 갑작스러운 압력의 증가는 측정의 신뢰성을 떨어뜨릴 수 있으므로 약 2초간의 여유를 두어 피측정자가 충분한 측정 자세를 취한 후 기기를 동작시키도록 하였으나 개선한 방식에서 압력 발생기는 솔레노이드 밸브를 개방시킨 상태에서 약 2초 후에 밸브를 닫아줌으로 해서 압력 발생기가 무부하 상태에서 동작을 하게하여 액츄에이터가 부드럽게 동작을 할 수 있도록 하였다. 경근력의 판단은 힘이 떨어지면서 실린더 내의 압력도 떨어지므로 압력이 설정치 이상으로 감소하면 경근력이 빠진 것으로 간주하여 측정을 완료하며, 측정된 경근력은 측정 완료 시점의 근력에 대한 압력값이 아니고 중단될 때까지의 압력 중 최고치의 경근 압력을 저장하게 된다.

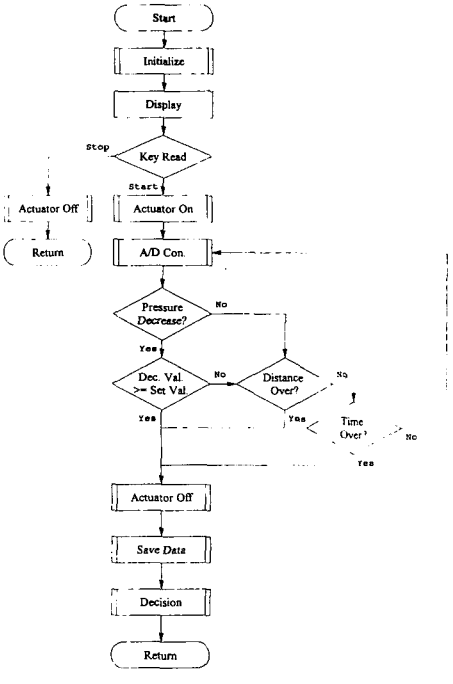


그림 5. 시스템 알고리즘

또한 압력의 측정시에도 확장 거리를 센싱하여 압력이 설정치 이상으로 떨어지지 않고 미세하게 연속적으로 떨어질 경우에는 압력에 의해 판정 완료가 되지 않으므로 확장 거리가 설정치 이상값이 되어도 측정을 완료하도록 하였다. 측정이 완료되면 디스플레이부에는 측정한 압력의 최대치와 확장 거리 그리고 측정이 완료될 때까지의 시간을 표시하였다.

경근력의 변화를 알기 위하여 자극 조건에서 경근력을 측정할 경우에는 「Start Key」를 누르면 동일한 방식으로 피측정자의 경근력을 측정하여 표시하였고, 측정의 완료와 함께 무자극 조건의 경근력의 세기를 단순히 강해지고 약해지것으로 판별하는 것이 아니라, 무자극 조건의 측정치를 레벨 0으로 기준하고 반응 조건의 경근력의 세기와 비교하여 프로그램에서 설정한 압력치보다 세지면 +1에서 +4까지로, 약해지면 -1에서 -4까지 모두 8단계로 구분하여 LED 레벨 메터에 표시함으로써 보다 세분화되고 정밀한 측정 결과를 표시하도록 하였다.

이러한 시스템 운영의 흐름도는 그림 5에 도시하였다.

IV. 임상실험 및 결과 고찰

사진 3과 같이 개선된 O-링 경근력 계측시스템의 신뢰성을 검증하기 위한 임상 실험은 사대 사상체질 학회 연구소내 선릉 통증의원과 사랑 한의원의 협진으로 이루어졌다.

먼저, 재래의 오링 테스트 방법에 의하여 체질진단을 마친 환자들 가운데 레이저 체질침 치료와 사상방(四象方)의 한약 복용으로 치료한 후 뚜렷한 호전 반응을 나타내므로 체질이 확인된 환자들 가운데 손가락 관절에 병변이 없는 24명을 대상으로 시스템의 신뢰성에 대하여 다음과 같이 검증하였으며 환자의 성별 및 연령 분포는 표 4와 같다.

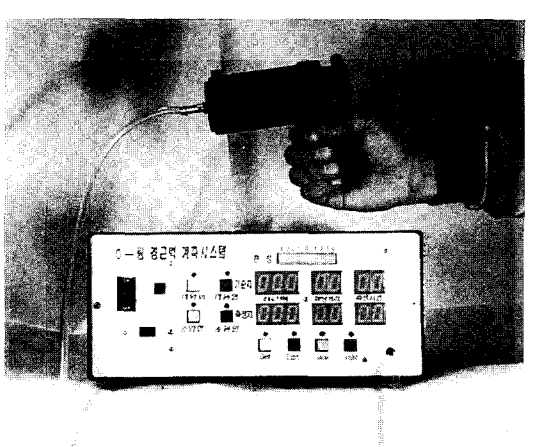


사진 3. 개선된 O-링 경근력 계측시스템

표 4. 성별과 연령에 따른 실험 대상의 분포

연령	21~30	31~40	41~50	51~60	61 이상	계
남자	1	2	4	3	2	12명
여자	1	3	5	2	1	12명

경혈의 자극은 904㎚ 파장, 50㎽의 I.R. 반도체 레이저 자극기를 200ns 정도의 펄스폭으로 출력한 후 경근력을 비교 측정하였으며 체질에 맞는 자극과 해당 체질과 다른 자극이 가해졌을 경우의 반응은 다음과 같다.

◉ 자극 경혈이 환자의 체질과 동일한 경우

① 자극 반응 후 2-3초가 경과 후 환자의 한 손을 환부에 대고 다른 손으로 오링 테스트를 하면 힘이 강해진다.

② 10分 정도 자극하면 환자는 가수면 상태로 들어가며 심와부 압통이 소실되고 몸의 긴장이 완화되며 환자의 촌구맥이 평맥이 된다.

◉ 자극 경혈이 환자의 체질과 다른 경우

① 자극 반응 후 2-3초가 경과 후 환자의 한 손을 환부에 대고 다른 손으로 오링 테스트를 하면 힘이 약해진다.

② 10分 정도 자극하면 환자는 머리가 무거워지고 약간의 어지럼증이나, 메스꺼움을 느끼며 심와부 압통이 계속되며 전신에 힘이 빠지는 불쾌감을 느끼며 촌구맥이 평맥이 되지 않는다.

이와 같은 방법으로 개선된 O-링 경근력 계측시스템을 이용하여 체질 진단 실험을 한 결과 약 96%의 신뢰성을 보였으며 피실험자가 사용 수칙을 이해하지 못하는 원인으로 판정에 따른 어려움이 있었다. 이와 같은 결과는 본 시스템이 앞으로 임상에 적용되어 체질 진단을 이용한 환자의 질병을 치료하는데 기여할 수 있을 것으로 사료되고, 보다 객관적인 체질 진단이 가능하리라 본다.

V. 결 론

본 연구에서는 체질 진단을 위하여 널리 사용되는 O-링 테스트가 의사의 경험이나 주관에 의존하고 미세한 경근력의 변화를 감지할 수 없다는 단점을 보완하기 위해 기 개발된 O-링 경근력 계측시스템을 임상에 적용한 결과 지적된 문제점들을 해결하기 위하여 개선된 모델을 제작하였다.

실험 결과에서 고찰한 개선된 O-링 경근력 계측시스템은 기존의 시스템과 비교할 때 액츄에이터의 개선으로 인하여 환자의 손가락의 길이에 따라 손잡이가 적응할 수 있어서 동일한 조건에서 측정이 가능하였으며 디스플레이부의 재설계로 반응 조건과 무반응 조건의 측정 결과를 동시에 표시할 수 있다.

또한 기존의 압력 센서에 거리 계측 센서를 추가 설치함으로써 손가락의 확장거리를 계측할 수 있었다. 이에 따라 체질 진단을 위한 판정 파라메터로 경근력과 손가락의 확장거리, 측정 시간을 표시하여서 보다 객관적이고 정량적인 측정이 가능하였음을 확인하였다.

현재 O-링 경근력 계측시스템을 이용하여 환자들의 임상에 적용 중에 있으며, 차후에는 측정된 정보를 PC와 인터페이스 시켜서 환자의 진료 자료와 의사의 진료 소견을 데이타로 저장하고 관리할 수 있도록 체질 진단 정보 관리 환경을 구축하도록 연구 중에 있다.

이와 같은 O-링 경근력 계측시스템이 사상체질의 존재론적 규명과 객관화의 한 수단으로 기여할 것으로 사료되며, 한의학적 체질진단 분야 이외에도 체육과학 분야, 재활공학 분야에도 응용이 가능할 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

1. 李濟馬, "東醫壽世保元 (1894) 朴興彦譯: 東醫四象大典 (1976)", 醫道韓國社, pp. 71-73.
2. Jung C. G, *"Psychological Types"*, Princeton Univ. Pr. N.J. pp. 531-535, 1971
3. Pavlov I.P., "Lectures on conditioned reflex", Vol. I. Inter Publisher N.Y., 1928.
4. Omura.Y., "*Practice of Bi-Digital O-Ring Test IdoNo-Nippon-Sha*", Tokyo, Yokosuka, Japan. 1st Ed. 1986.
5. Yasuhiro S., "*Muscle force measurement for Bi-Digital O-Ring Test using a Computerized Electro-mechanical System*", Acup. & Electrotherapeutics. Int. J. Abstracts of the 9th Int. Symp. on Acup. & Electrotherapeutics. Oct. pp. 132., 1993
6. 양경모, 김양영, 김주명, 이의원, 정동명, "체질진단의 객관화를 위한 O-Ring 경근 계측시스템의 개발", 대한전자공학회 하계종합학술대회논문집, 18권, 1호, pp. 388-392, 1995
7. 김양영, 김주명, 이의원, 정동명, "레이저 자극과 O-Ring 경근 측정시스템에 의한 체질진단의 객관화에 관한 연구", 대한의용생체공학회 춘계학술대회논문집, 17권, 1호, pp. 173-178, 1995
8. Basten A, Self tolerance, "*The key to antimmunity*". Proc. R. Soc., London (Biol)., pp. 238-239, 1992.
9. Franklin. Jon., "*Molecules of the mind. Atheneum*", New York, 1987. pp. 128-134.
10. 若杉文吉, "大韓通症學會誌", 4/1, pp. 1-7, 1991.
11. 李義遠, "*四大體質五行針法*", 體質五行針學會, 1992
12. Promeranz and Cheng, "*EXP. Neurology 64*", pp. 324-335, 1979.
13. Coll. J., "*Laser therapy today, 1st Ed.*", Barcelona, Grafiques Canigo, pp. 44, 59, 1986.
14. Goldman L. Rockwell Rj, "*Laser in medicine 1st Ed.*" New york, Gordon & Breach Science Publisher Inc. pp. 69, 1971.
15. 舍岩, "*舍岩道人五行針法*", 杏林書院, pp.30-45, 1968.
16. Popp Fritz A, "*Electromgnetic Bio-Information 2nd Ed*", Munich, Urban & Schwarzenberg, pp.281-289, 1992.
17. Willis J. Tompkins and John G. Webster, EDS., "*Design of Microcomputer-Based Medical Instrumentation*", pp. 167-286, Prentice-Hall, 1981