

論文2003-40SC-6-8

상완혈압과 두부혈압의 상관성 분석에 의한 진단요소 추출과 다기능 전자혈압계의 개발

(Diagnosis parameters extraction by correlativity analysis of blood pressure(BP) and head blood pressure(HBP) and Development of multi-function automatic blood pressure monitor)

李瑛欽*, 高壽福*, 鄭東明*

(Yong Heum Lee, Su Bok Ko, and Dong Myong Jeong)

요약

각종 성인병과 난치성질환인 뇌졸중과 치매, 중풍의 원인으로는 혈액순환장애에 의한 고혈압과 두부혈압의 상승이 주된 요인으로 작용하고 있다. MRI, X-ray 같은 의료장비는 뇌졸중이나 중풍 등의 발병전 예방보다는 발병후의 치료를 위한 목적으로 이용되고 있다. 최근에는 이러한 난치성 질환이 정상인에서도 발생하고 있어서, 상완혈압에 의한 진단보다는 뇌혈류 상태를 반영하는 두부혈압을 진단하는 것이 더 정확한 임상진단을 할 수 있다. 그러나 기존 혈압계나 전자혈압계로는 두부혈압을 측정하거나 개선할 수 있는 기능을 수행할 수 없다. 따라서, 본 논문에서는 혈압과 두부혈압을 쉽고 간편하게 측정하고, 상완혈압에 대한 두부혈압의 상관성을 추출하여 뇌혈류 상태 및 건강상태를 조기 진단/예방할 수 있는 시스템 및 알고리즘을 개발하였다. 임상실험 결과, 기존의 혈압계보다 측정오차가 작고 재현성이 우수하여 신뢰성을 확인하였고, 두부혈압의 최고압은 상완 최고압의 62%, 최저혈압은 상완 최저혈압의 46%에 해당하는 상관성을 확인하였다. 정상인과 환자간의 상관성에 큰 차이가 있고, 이는 상완혈압 측정에 의존한 진단보다 두부혈압 측정에 의해 더 중요한 진단요소를 추출할 수 있어서 더 정확한 진단을 할 수 있음을 의미한다. 따라서, 뇌혈류에 이상이 있을 때 달라지는 두부혈압을 측정하여 상완혈압과의 상관성을 추출하고, 환자를 대상으로 분석하여 뇌혈류 상태를 진단/개선함으로써 새로운 진단체계를 구축할 수 있는 시스템을 개발하였다.

Abstract

Many adult diseases(cerebral apoplexy, athymiait, etc.) result from hypertension, blood circulation disturbance and increment of HBP. In early diagnosis of these diseases, MRI, X-ray and PET have been used rather aim for treatment than prevention of a disease. Since, cerebral apoplexy and athymiait have been caused to the regular/irregular persons, it is very important to measure HBP which has connection with cerebral blood flow state. HBP has more diagnosis elements than that of BP. So, we can diagnose accurate hypertension by measuring of HBP. But, existing sphygmomanometers and automatic BP monitors can not measure HBP, and can not execute complex function(measuring of BP/HBP, blood flow improvement). The purpose of this paper is to develop the system and algorithm which can measure BP/HBP for accurate diagnosis. Also, we extracted diagnosis factors by the correlativity analysis of BP/HBP. The maximum pressure of HBP corresponds to 62% that of BP, the minimum pressure of HBP corresponds to 46% that of BP. Therefore, we developed the multi-function automatic blood pressure monitor which can measure BP/HBP and improve cerebral blood flow state.

Keyword : hypertension, blood circulation, BP, HBP, correlativity, diagnosis

* 正會員, 圓光大學校 工科大學 生體工學研究所
(Institute of Biomedical Engineering Research, Wonkwang University.)

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(지역대학우수 과학자육성지원사업 : R05-2002-000-01314-0) 지원 및 교내연구비 지원으로 수행되었음.
接受日字:2003年6月10日, 수정완료일:2003年9月8日

I. 서론

인체에 있어서 모세혈관과 혈류의 상태는 기관의 신진대사와 세포의 물질대사에 기초단위로서 뿐만 아니라 건강의 척도로서 중요한 요소이다^{1,3)}. 혈압은 혈류 상태에 따라 변화하는 상관관계를 가지고 있어서, 혈압과 두부혈압은 모세혈관과 뇌혈류 상태에 의해서 결정된다^{4,5)}. 고혈압과 두부혈압의 상승, 혈류 장애는 만성 두통과 피로, 편두통과 위염과 같은 내장기능저하나 각종 성인병과 나아가 뇌졸중과 치매, 중풍의 원인으로 작용하고 있다^{6,7)}. 이러한 뇌혈류 장애 및 만성 두통과 같은 질병을 진단하기 위해서, 일부 초음파나 레이저 도플러 방식을 이용한 뇌혈류속도 측정기, MRI나 PET 또는 스피드 자속계와 같은 대형의 고가장비가 사용되고 있다^{8,9)}. 그러나 이러한 장비들은 예방과 조기진단의 의미보다 발병 후에 증상의 정도를 확인하고 있어서, 치료보다 예방이 우선인 난치성 질환을 사전진단하기 위한 진단장비로 보기 어렵다. 근래에는 혈압이 정상인 사람들에서도 뇌졸중 같은 난치성 질환자가 나타나고 있으며, 이러한 질병은 혈압보다 두부혈압에 더 밀접한 관계가 있으나 쉽고 간편하게 혈압과 두부혈압을 측정할 수 있는 전자혈압계가 개발되지 못하였다. 이와 같은 기술을 소규모의 의료기로 실용화하여 일반 가정에서도 쉽고 간편하게 혈압과 두부혈압을 측정할 수 있거나, 예방을 위하여 별도의 기기없이 쉽게 두부혈류를 개선 할 수 있는 혈류 개선기술은 아직 개발되지 못하고 있다. 두부혈압과 상완혈압을 측정하여 상관성을 추출하고, 진단 파라미터를 추출하여 이를 비교분석하여 뇌혈관 질환을 사전에 조기진단 할 수 있고 예방 및 치료할 수 있는 염가의 의료기기가 요구되고 있다.

따라서, 본 논문의 목적은 두부혈압을 쉽고 간편하게 측정하고, 두부의 혈류상태와 건강상태를 진단하기 위해서 두부혈압과 상완혈압을 비교하여 두 혈압의 상관성을 분석함으로써 뇌혈류 상태를 진단할 수 있는 진단요소를 추출할 수 있는 시스템과 알고리즘을 개발하는 것이다. 또한, 혈류상태를 부작용 없이 두부를 다양한 방식으로 자극하여 혈류를 개선시킬 뿐만 아니라 두뇌피로 및 스트레스를 해소할 수 있는 다기능의 건강보조기로 사용할 수 있는 시스템을 개발하는데 있다. 뇌졸중 및 고혈압 환자를 대상으로 한 임상실험 분석

을 통해, 시스템의 성능과 뇌혈류 상태를 진단하고 예방할 수 있는 진단/치료기기로써의 타당성을 확인하고자 한다.

II. 두부혈압 측정 시스템의 설계

1. 혈압/두부혈압 측정시스템의 전체구성

혈압/두부혈압을 측정하고 뇌혈류개선 기능이 있는 다기능 전자혈압계의 전체 구성은 <그림 1>과 같다. 시스템의 구성은 크게 4개의 기능 구성으로 구분될 수 있으며 이는 각각에 대한 센서로부터 상태를 입력받아 제어하는 싱글 칩 컨트롤러(PIC16c926)를 중심으로 동작한다. 5개의 외부 제어용 버튼에 의해서 200~300mmHg의 압축공기를 혈압측정 컵에 채운 후 서서히 감압하면서 오실로메트릭(oscillometric)방식으로 혈압과 두부혈압의 최고압과 최저압을 결정하고, 맥박수를 표시하는 LCD 출력부, 혈압측정 방식과는 달리 모세혈관의 혈류를 일시 억제, 이완 자극함으로써 모세혈관의 병변 제거와 혈류의 흐름을 증가시키기 위한 공기펌프와 솔레노이드 밸브 제어를 위한 외부 제어부로 나눌 수 있다. 또한 혈압과 두부혈압을 측정하기 위해서 압력센서를 이용하여 압력 검출과 맥박을 검출하기 위한 A/D 변환부와, 혈압측정 모드에서 최고압과 최저압, 맥박수를 결정하기 연산처리 과정으로 나눌 수 있다.

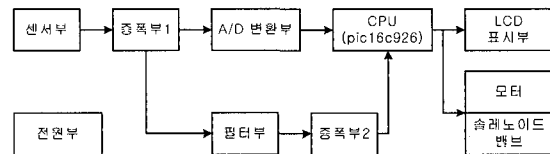


그림 1. 혈압/두부혈압 측정시스템의 구성도
Fig. 1. Block diagram of BP/HBP measurement system.

본 시스템은 프로그램 메모리가 8K, 데이터 메모리가 336byte(SRAM), 10bit A/D convertor 사용으로 정확한 측정을 할 수 있으며, 외부장치 제어(모터, 솔레노이드 등)를 위한 25pin수의 독립된 전용 I/O port 및 Key 입력(모드, 설정압력/설정시간의 증감, start, stop)을 위한 27핀수의 입력전용 port를 갖으며, Sleep mode 동안 LCD panel을 구동할 수 있는 16byte LCD RAM을 갖는 프로그램 가능한 LCD Driver를 갖는 High

Performance RISC구조를 갖는 68pin CMOS type의 PIC16c926을 사용하였다. 센서부는 측정 혈압의 신뢰성을 좌우하는 매우 중요한 부분으로 센서 특성이 우수한 압력센서를 사용해야 한다. 또한, 두부혈압은 상완혈압에 비하여 상대적으로 압력이 매우 낮으므로 낮은 압력에서도 측정이 가능해야 함으로 낮은 압에서도 선형성이 우수한 압력센서를 선택하였다. 증폭부1은 압력센서에 의해서 측정된 미세한 커프압력과 맥박을 검출하여 혈압과 두부혈압을 측정하기 위해서 계측증폭기를 이용하여 증폭한다. 증폭된 신호는 A/D 변환부와 맥박수 검출을 위한 필터부에 각각 입력된다.

A/D 변환부는 10bit의 분해능을 가지므로 기존의 전자혈압계(8bit)보다 더 정확한 측정이 가능하다. 필터부는 맥박수를 측정하기 위해서 대역통과 필터를 이용하여 노이즈를 제거하고 이를 2차 증폭하여 맥박수를 검출하였다. 모터 제어는 설정된 모드와 설정압력에 의해 제어되고, 모터가 구동하여 압력커프에 공기압을 증가시킬 때 커프압이 배출되지 않도록 공기판막을 중간에 삽입하였다. 솔레노이드 밸브는 혈압 및 두부혈압 밴드의 이완 수축을 위해서 일정량으로 차단/배기 되도록 제어하였다. 두부혈압의 측정시에는 상완혈압 측정시보다 공기유출이 작아야 함으로 별도의 솔레노이드 밸브를 두었으며, 기기의 오동작과 혈류개선모드에서 빠른 공기유출을 위해서 직경이 큰 솔레노이드 밸브를 두었다. LCD 표시부는 외부 Key 입력 시에는 모드, 설정압력, 설정시간을 표시하고, 동작중에는 혈압/두부혈압 밴드의 압력의 변화를 표시하며, 측정 후에는 최고압/최저압과 맥박수를 표시한다.

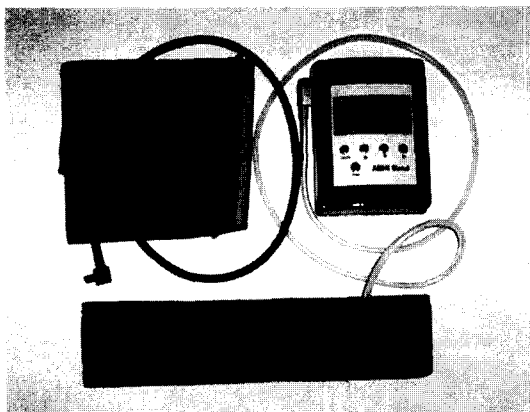


그림 2. 혈압/두부혈압 측정시스템의 시작품
Fig. 2. Sample of BP/HBP measurement system.

2. 시스템 제어 알고리즘

마이크로프로세서나 단일칩을 사용하는 컨트롤러는 모드선택 보턴의 처음 누름에 의해서 표시장치가 시작되며, 다음 누름에 의해서 ①혈압 및 두부혈압 측정, ② 혈류개선 모드와 기타 부가 모드를 순차적으로 선택할 수 있다. 해당 모드 안에서 설정되는 최고압력, 자극시간 부가장치의 제어 요소는 선택보턴에 의해서 순환 선택되어지며, 설정값은 감소보턴과 증가보턴에 의해서 사용자가 설정한다. 제어변수의 입력이 완료되면 실행 보턴에 의해서 설정된 제어모드의 동작이 시작되며, 설정한 동작이 종료되고 추가 키 입력이 없으면 5초 후에 자동으로 정지한다. 제어를 위한 알고리즘은 <그림 3>과 같다.

혈압 및 두부혈압 측정 모드는 혈압측정 커프를 상완이나 머리에 착용하고, 모드선택 보턴으로 모드를 선택한 다음, 실행보턴을 누르면 오실로메트릭 방식으로 혈압과 두부혈압의 최고압과 최저압을 결정하고 맥박수 측정 할 수 있게 한다. 혈류개선 모드는 압박밴드를

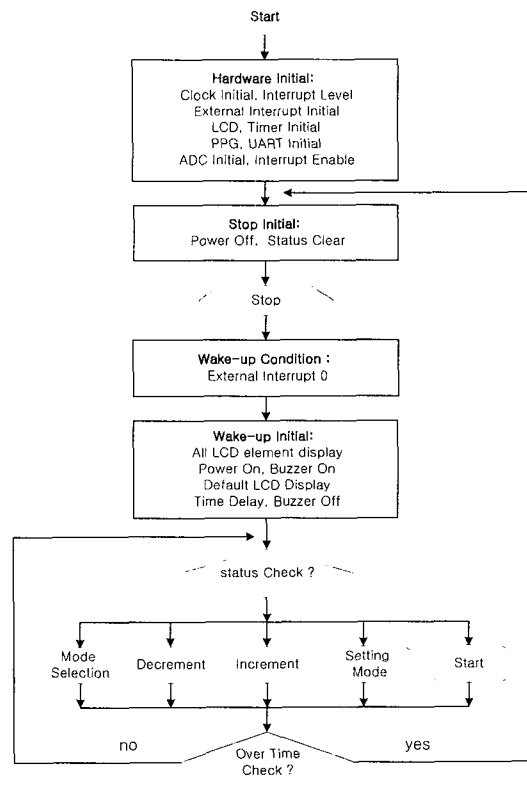


그림 3. 시스템 제어를 위한 알고리즘
Fig. 3. Algorithm for system control.

필요에 따라 두부나 사지에 설치한 다음, 선택보턴으로 최고 자극압력과 자극시간을 설정한 다음 실행보턴을 누르면 150~250mmHg 압력범위 안에서 설정된 최고압력으로 자극한다. 기타 부가모드는 주파수와 자극 패턴에 따라서 분류되며 여러 가지 물리적 효과와 생리활성 효과를 목적으로 한다.

III. 실험방법 및 결과고찰

1. 실험대상 선정 및 실험 방법

가. 정상인의 선정

정상인의 기준 혈압과 두부혈압을 결정하는 것이 중요하므로 20~30대(평균 26세), 40~60대(평균 55세)의 성인남녀 각각 70명(남자 40명, 여자 30명)을 대상으로 하였다. 이때, 정상인은 혈압에 대한 병력이 없고, 다른 질병으로 인한 수술경험이 없는 사람으로 결정하였고, 평소에 두통이나 현기증이 없는 사람으로 결정하였다. 특히, 신장에 대한 체중을 비교하여 비만이거나 체중미달인 사람은 제외하였다. 40~60대의 경우는 특히, 당뇨와 같은 성인병 병력이 없는 사람을 대상으로 하였으나, 체중과 신장에 대한 비교 및 흡연량과 음주량은 고려하지 않았다. 20~30대 남자(여자)의 평소 자신의 혈압이 최고 120~135(115~130)mmHg, 최저 75~85mmHg, 40~60대의 평소혈압이 최고 120~140mmHg, 최저 75~95mmHg인 사람을 정상인으로 간주하고, 이들을 대상으로 임상실험 하였다.

나. 환자의 선정

정상인에 대한 고혈압이나 뇌질환 환자의 혈압과 두부혈압의 상관성을 비교하여 질환별 환자 진단에 이용할 수 있는 진단요소 추출을 위해서 혈압환자를 선정하였다. 환자의 선정은 보건소에 방문하는 고혈압 환자 70명(남자 32명, 여자 38명)을 대상으로 하였다. 고혈압 환자로 판명된 사람들은 혈압 안정을 위해서 혈압강화제를 복용하고 있어서, 고혈압 환자로서 약물을 복용하지 않는 환자를 선정함에 있어서 많은 어려움이 있었다. 이 환자들은 대부분 혈압강화제를 2~3년 복용한 환자들로서 혈압강화제복용으로 혈압의 강하에 따른 두부혈압의 변화를 확인하여 뇌혈류 상태를 진단하고, 약물복용으로 정상혈압으로 진단된 환자들의 오진 가능성을 확인하기 위한 대상으로 결정하였다. 이들 환자들은 고혈압에 의한 뇌졸중 상태는 아니며, 심한 두통,

현기증, 당뇨병 등의 고통을 호소한 환자들이다. 또한, 뇌혈류장애로 인한 뇌졸중(중풍)환자들의 혈압과 두부혈압의 상관성과 진단파라미터를 추출하기 위해서 원광대학교 한방병원에 의뢰하여 입원중인 환자 (24명)를 대상으로 하였으며, 성별은 구분하지 않았다. 환자들의 두부혈압을 측정하여 정상인과 비교하고, 이를 질환별 진단요소를 추출하여 환자의 진단 시 이용하기 위해서 발병 후의 상태를 측정하기 위한 대상으로 선정하였다.

2. 두부혈압 측정시스템의 성능검증(수동, 기존혈압계와 비교)

혈압과 두부혈압의 측정과 상관성 및 진단파라미터의 신뢰성을 좌우하는 것은 시스템의 정확한 측정과 재현성 등의 신뢰성이 가장 중요하다. 본 시스템(ABHI)의 신뢰성 검증을 위해서 병원용 수동혈압계와 기존 전자혈압계(FT-750AFR, HD505)의 측정오차 및 재현오차를 비교함으로써 본 시스템의 신뢰성을 검증하였다. 측정은 측정오차와 재현성만을 평가하였으므로 나이나 성별, 질환에 관계없이 50명을 대상으로 무작위 선정하였다. 측정은 각각 5회 측정하고 가장 높고 낮은 경우를 제외한 3회에 대한 평균과 50명에 대한 전체 평균값을 구하여 수동혈압계를 기준으로 한 측정오차를 비교하였다. 그 결과, 수동혈압계를 기준으로 한 측정오차는 <표 1>과 같이 본 시스템(ABHI)은 +3.89/-3.08mmHg로 기존의 혈압계보다 작게 나타나고, 수동혈압계의 측정오차에 가장 근접하게 측정되어 그 신뢰성을 확인하였다.

표 1. 혈압계별 측정오차 비교

Table 1. Comparison of measurement error each pressure monitor.

평균혈압 (최고/최저) mmHg	혈압계 종류				수동혈압계를 기준으로 한 측정오차 (단위: mmHg)		
	수동 혈압계	ABHI	FT-750 AFR	HD505	ABHI	FT-750 AFR	HD505
	128.35/ 76.63	132.24/ 79.71	135.33/ 81.42	134.03/ 80.37	+3.89/ -3.08	-6.98/ -4.79	-5.68/ -3.74

또한, 시스템의 재현성을 검증하기 위해서 재현오차를 비교하였으며, 각 대상자의 평균혈압에 대한 표준편차를 계산하여 비교하였다. 그 다음, 각자의 표준편차를 평균 처리하여 각각의 혈압계에 대한 재현오차를 비교한 결과, <표 2>과 같이 수동혈압계는 $\pm 4.52/\pm$

2.34mmHg, ABHI는 $\pm 3.15/\pm 2.31$ mmHg, FT-750AFR는 $\pm 5.71/\pm 2.89$ mmHg, HD505는 $\pm 4.98/\pm 2.57$ mmHg로 나타났다. 결과와 같이 재현성에서는 수동혈압계보다 오히려 더 우수한 특성을 나타내고 있어서 본 시스템의 성능을 확인할 수 있다. 따라서, 본 시스템의 성능 평가에서 신뢰성 및 재현성이 수동혈압계와의 오차가 매우 작거나 우수하게 나타났으며, 기존의 전자혈압계보다 더 정확한 측정이 이루어졌음을 확인하였다.

표 2. 혈압계별 재현오차 비교
Table 2. Comparison of reappearance error each pressure monitor.

재현 오차 (최고/최저) mmHg	혈압계 종류			
	수동 혈압계	ABHI	FT 750AFR	HD505
$\pm 4.52/+ 2.34$	$\pm 3.15/+ 2.31$	$\pm 5.71/+ 2.89$	$\pm 4.98/+ 2.57$	

3. BP/HBP의 상관관계 추출

가. 정상인 20~30대의 BP/HBP의 상관관계 추출
정상인 70명(남자 40명, 여자 30명)을 대상으로 상완혈압에 대한 두부혈압의 상관관계를 추출하기 위하여 개인별, 성별 혈압과 두부혈압을 측정하였다. 측정혈압의 신뢰성을 위해서 혈압과 두부혈압, 맥박수를 3회 측정하고 그 평균값을 결정하였다.

상완혈압 측정후 10분 후에 두부혈압을 측정하였다. 두부혈압은 상완혈압보다 민감하여 측정에 다소 어려움이 있어서, 상완혈압 측정 후 움직임을 최소로 하고 측정하였다. 측정 방법은 상완혈압 측정과 동일하게 3회 측정하고 그 평균값을 결정하였다. 이때 측정부위는 두부혈압을 가장 많이 감지할 수 있는 표재성 측두동맥 부위에 머리카프가 위치하도록 하였다.

혈압과 두부혈압을 측정하여 남녀 각각에 대한 평균 혈압과 두부혈압, 맥박수를 결정하였다. 먼저 남자(40명)들은 몇몇 대상자에서 다소 높은 혈압이 측정되었으나, 평균 혈압은 128/73mmHg, 평균 두부혈압은 78/33mmHg, 맥박수는 72회로 나타났다. 이를 근거로 혈압과 두부혈압의 상관관계를 나타낸 결과, 두부혈압의 최고혈압은 상완혈압의 61%, 최저혈압은 46%에 해당하였다. 여자(30명)들의 평균 혈압은 120/72mmHg, 평균 두부혈압은 77/34mmHg, 맥박수는 79회로 나타났다.

이를 근거로 혈압과 두부혈압의 상관관계를 나타낸 결과, 두부혈압의 최고혈압은 상완혈압의 65%, 최저혈압은 48%에 해당하였으며 <표 3>에 명시하였다.

남녀 70명에 대한 평균 혈압과 두부혈압은 각각 124/72mmHg, 77/33mmHg, 맥박수는 76회로 나타났으며 혈압에 대한 두부혈압의 상관성은 각각 평균 63%, 47%로 나타났다. 이는 성인의 정상혈압은 120/80mmHg로 간주할 경우, 두부혈압의 정상수치는 75/36mmHg로 결정할 수 있다는 것을 의미한다. 따라서, 상완혈압에 대한 개인별 두부혈압을 상관수식에 의해서 결정할 수 있으며, 측정 두부혈압과의 비교분석에 따라 그 임상적 진단결과를 유추할 수 있을 것으로 사료된다. 결과적으로 상완혈압에 대한 두부혈압은 <표 3>에 의해서 아래와 같이 정의할 수 있다.

- ▶ 20~30대 정상인을 대상으로 한 혈압과 두부혈압의 상관관계
- HBP의 최고압 = BP의 최고압×63%
- HBP의 최저압 = BP의 최저압×47%

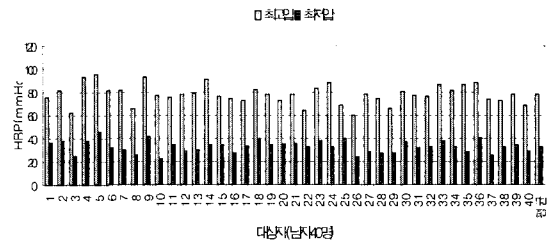


그림 4. 정상인 20~30대 남자 평균 두부혈압(HBP)
Fig. 4. Average HBP for regularity person 40 males (age 20~30).

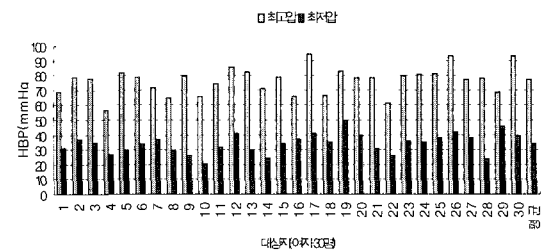


그림 5. 정상인 20~30대 여자 평균 두부혈압(HBP)
Fig. 5. Average HBP for regularity person 30 females (age 20~30).

표 3. 평균 혈압과 두부혈압의 상관성 및 맥박수(20~30대)

Table 3. Correlativity and pulse of average BP and HBP(age 20~30).

성별	BP (mmHg)		HBP (mmHg)		맥박수	BP에 대한 HBP의 상관성(%)	
	최고	최저	최고	최저		최고	최저
남(40명)	128	73	78	33	72	61	46
여(30명)	120	72	77	33	79	65	48
평균(70명)	124	72	77	33	75	63	47

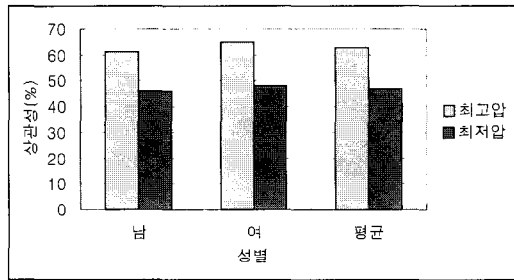


그림 6. 상완혈압에 대한 두부혈압의 상관성 분석(20~30대)

Fig. 6. Correlativity analysis of HBP for BP(age 20~30).

나. 정상인 40~60대의 BP/HBP의 상관관계 추출
 20~30대의 BP/HBP의 상관성 추출방법과 동일한 방법으로 40~60대 남녀 70명(남자 40명, 여자 30명)을 대상으로 측정하였다. 남자(40명)들의 평균 혈압은 135/81mmHg, 평균 두부혈압은 84/38mmHg, 맥박수는 74회로 나타났다. 이를 근거로 혈압과 두부혈압의 상관관계를 추출한 결과, 두부혈압의 최고혈압은 상완혈압의 62%, 최저혈압은 47%에 해당하였으며 <표 4>에 명시하였다. 여자(30명)들의 평균 혈압은 139/85mmHg, 평균 두부혈압은 86/39mmHg, 맥박수는 72회로 나타났다. 이를 근거로 두부혈압의 최고혈압은 상완혈압의 62%, 최저혈압은 46%에 해당하였다. 남녀 70명에 대한 평균 혈압과 두부혈압은 각각 137/83mmHg, 85/38mmHg, 맥박수는 73회로 나타났으며, 이에 대한 혈압과 두부혈압의 상관성은 최고 평균 62%, 최저 평균 46%로 나타났고, 결과적으로 상완혈압에 대한 두부혈압은 아래와 같이 정의할 수 있다.

▶ 40~60대 정상인을 대상으로 한 혈압(BP)과 두부혈압(HBP)의 상관관계

$$\text{HBP의 최고압} = \text{BP의 최고압} \times 62\%$$

$$\text{HBP의 최저압} = \text{BP의 최저압} \times 46\%$$

이러한 결과는 20~30대의 평균 혈압과 두부혈압은 다르나, 그 상관성은 매우 비슷한 결과임을 확인할 수 있었다. 남녀 상관성 부합율이 매우 높게 나타남을 확인하였다. 나이에 따른 혈압과 두부혈압의 상승은 있으나, 두 혈압간의 일괄된 상관성이 존재하는 것으로 판단된다. 따라서, 40~60대의 상완혈압에 대한 개인별 정상 두부혈압을 결정할 수 있어서, 정기적인 두부혈압 측정으로 뇌졸중과 같은 난치성 성인병 진단 및 예방뿐만 아니라, 질병 발생 가능성을 예측할 수 있는 유용한 진단요소로 이용될 것으로 사료된다.

표 4. 평균 혈압과 두부혈압의 상관성 및 맥박수(40~60대)

Table 4. Correlativity and pulse of average BP and HBP(age 40~60).

성별	BP (mmHg)		HBP (mmHg)		맥박수	BP에 대한 HBP의 상관성(%)	
	최고	최저	최고	최저		최고	최저
남(40명)	135	81	84	38	74	62	47
여(30명)	139	85	86	39	72	62	46
평균(70명)	137	83	85	38	73	62	46

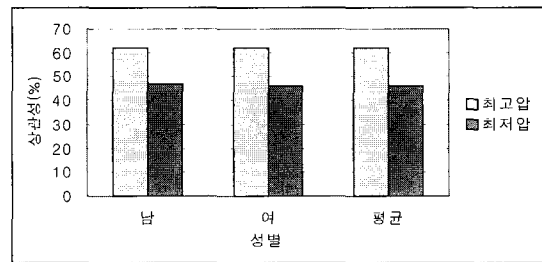


그림 7. 상완혈압에 대한 두부혈압의 상관성 분석(40~60대)

Fig. 7. Correlativity analysis of HBP for BP(age 40~60).

4. 상관성 분석에 의한 진단 요소의 유의성 검출

1) 두부혈압 진단에 의한 분석결과(1)

환자는 보건소에 방문하는 70명(남:32명, 여:38명)을 대상으로 하였으나, 질환별로 혈압과 두부혈압의 상관 관계를 알아보기 위해서 성별구별은 하지 않았다. 먼저 혈압과 두부혈압을 각각 3회 측정하고, 이를 평균값으로 환산하여 개인별 평균혈압과 두부혈압을 측정하였다. 고혈압 환자 70명(혈압강하제를 복용한 환자)을 대상으로 전체 평균 혈압과 두부혈압은 각각 147/96mmHg, 98/56mmHg로 나타났으며, 상완혈압에 대한 두부혈압 최고는 67%, 최저는 58%로 나타났다. 이 결과는 정상인에서 나타났던 62%/47%보다 높게 나타나고 있어서 혈압에 대한 두부혈압의 상관성에 의해 뇌혈류 및 뇌혈관에 이상이 있음을 의미한다. 그러나 환자의 경우 혈압차가 58/47mmHg, 두부혈압에서는 85/32mmHg로 환자에 따라 혈압차가 매우 상이하게 나타나고 있어서 평균 혈압이 유의성을 갖고 있다고 판단하기 어렵다.

따라서, 환자의 상태를 진단하기 위해서는 상관성을 추출하기보다는 정상인과의 혈압/두부혈압을 비교 분석함으로써 환자의 혈압 및 혈류상태를 진단하는 것이 타당하다고 판단된다. 환자 전체의 평균 두부혈압은 유의성을 갖고 있지 않기 때문에 환자의 평균 두부혈압

과의 비교분석은 고려하지 않았다. 즉, 환자 개인별 상완혈압과 두부혈압을 측정하고, 동일 세대에 대한 정상인과 비교하여 뇌혈류 상태를 분석하기 위해서 이를 <표 5>과 같이 세부적으로 그룹을 나누었다. 세부적 그룹의 공통적인 진단요소를 추출하는 것은 증상은 같으나 그 원인이 다를 수 있다는 것을 의미함으로 진단에 있어서 새로운 체계를 구축할 수 있음을 시사한다.

가. A그룹 결과 분석(상완혈압은 정상, 두부혈압이 정상인 보다 높거나 낮은 경우)

고혈압 환자 70명중 혈압강하제 복용으로 상완혈압은 정상이나 측정 두부혈압이 높거나 낮은 경우를 분석함으로써 뇌혈류 상태를 진단, 예측할 수 있을 것으로 판단하고 이를 검증하기 위해서 먼저, 상완혈압은 정상이나 두부혈압이 정상인보다 높거나 낮은 환자들을 A그룹으로 정의하였다. A그룹을 두부혈압의 높고 낮음에 따라 증상, 발병 가능성 및 위험요소를 파악하기 위해서 다시 세분화하였다. 그 결과, 혈압과 두부혈압이 모두 정상인 경우인 A-1그룹은 9%(6명)로 나타났다. 이는 혈압강하제 복용으로 상완혈압과 동시에 두부혈압도 낮아진 것으로 두부혈압이 상완혈압의 증감에 따라 변화하고 있음을 의미한다. 즉, 뇌혈관 질환의 문제라기 보다는 혈압의 상승에 따른 두부혈압의 상승으로 판단할 수 있다. A-2-1그룹은 12%(9명), A-2-2 그룹은 6%(4명), A-2-3그룹은 4%(3명)로 각각 나타났다. 따라서, A-2 그룹(두부혈압이 정상인 평균 두부혈압보다 높은 경우)은 22%(16명)로 매우 높게 나타나고 있는 것은 고혈압 환자들의 대부분이 A-1그룹과는 달리 혈압강하제 복용으로도 혈압은 낮아졌으나 두부혈압은 낮아지지 않는 경우가 많다는 것을 의미한다. 따라서, 뇌혈관의 탄력성에 문제가 있거나 병변의 발생 및 혈류상태 개선이 이루어지지 않았음을 알 수 있어서, 뇌혈관 및 뇌혈류 상태를 두부혈압 차를 근거로 진단/예측할 수 있음을 확인하였다. 두부혈압차가 높을수록 뇌졸중과 같은 난치성 질병으로 발전할 가능성이 매우 높고, 두통이 더 심한 것으로 확인되었으며, A-2 그룹을 근거로 두부혈압을 측정함으로써 상완혈압에서 진단하기 어려운 유용한 진단요소를 추출할 수 있음으로 이 결과는 두부혈압 측정에 의해 더 정확한 진단이 이루어질 수 있음을 시사한다. A-3-1그룹은 21%(15명), A-3-2그룹은 13%(9명), A-3-3그룹은 5%(3명)로 각각 나타났다. 따라서, A-3 그룹(두부혈압이 정상인

표 5. 상완혈압에 대한 두부혈압 측정에 따른 분류

Table 5. The classification by measurement HBP for BP.

대 분류	중 분류	소 분류	내 용		
A그룹	A-1		BP 정상 (정상인 평균혈압: 138mmHg ± 10mmHg이하)	HBP도 정상인 경우	
		A-2		A 2 1	HBP가 높은 경우
				A 2 2	HBP가 낮은 경우
	A-3	A 2 3		10mmHg 이상	
		A 3 1		20mmHg 이상	
		A 3 2		30mmHg 이상	
B그룹	B-1		BP가 높은 경우 (정상인 평균혈압: 10mmHg이상)	HBP는 정상인 경우	
		B-2		B 2 1	HBP도 높은 경우
				B 2 2	HBP가 낮은 경우
	B-3	B 2 3		10mmHg 이상	
		B 3 1		20mmHg 이상	
		B 3 2		30mmHg 이상	

평균 두부혈압보다 낮은 경우)은 39%(27명)로 매우 높게 나타나고 있다. A-3그룹은 A-2그룹과는 달리 혈압은 정상이나 두부혈압이 낮아진 경우로써 많은 혈압강하제를 복용하는 고혈압 환자들이 이 그룹에 속하는 것을 알 수 있다. 이 그룹은 혈압은 정상이나 두부혈압이 낮은 경우로 혈류상태가 나빠서 머리에 공급되는 혈류량의 감소나, 혈압의 강하로 인한 뇌혈류의 급감으로 판단됨으로 산소공급이 부족하여 두통이나, 현기증이 매우 심한 것으로 확인되었다. 따라서, A그룹(70%)을 분석한 결과, 두부혈압을 측정함으로써 상완혈압에서 진단하기 어려운 유용한 진단요소를 추출할 수 있음을 시사한다.

표 6. 두부혈압의 분석결과에 의한 질환의 증상 및 증세(A그룹)

Table 6. Symptom of disease by analysis of HBP(A group).

대분류	중분류	소분류	분포율	증상 및 증세
A-1 그룹 (70%)	A 1 (9%)		9%	대체로 안정상태
	A 2 (22%)	A 2-1	12%	정상적인 상태이거나 일시적 현상으로 회복가능한 경우, 신경성 두통 및 현기증
		A 2-2	6%	병으로 발전할 수 있는 가능성이 있다. 심한 편두통, 뇌졸중 가능성 유발
		A 2-3	4%	병의 증상이 나타나서 기존의 진단 방법으로도 알 수 있는 상태, 심한 두통, 일시적 쇼크 발생, 위험한 상태
	A 3 (39%)	A 3-1	21%	뇌혈류 이상, 대체로 안정상태
		A 3-2	13%	약간의 현기증 및 두통
		A 3-3	5%	심한 현기증 및 호흡 곤란

나. B그룹 결과 분석(상완혈압이 높고 두부혈압이 정상인 보다 높거나 낮은 경우)
고혈압 환자 70명중 상완혈압이 높고 두부혈압이 정상인보다 높거나 낮은 환자들을 B그룹으로 정의하였다. 상완혈압은 정상인의 평균혈압보다 20mmHg 이상 높은 환자를 대상으로 하였다. B그룹도 고혈압 환자에 대한 두부혈압의 높고 낮음에 따라 증상, 발병 가능성 및 위험요소를 파악하기 위해서 다시 세분화한 결과, 혈압은 높고, 두부혈압이 정상인 경우인 B-1그룹은 3%(2명)로 나타났다. B-2-1그룹은 11.5%(8명), B-2-2그룹

은 1.5%(1명), B-2-3그룹은 4%(3명)로 각각 나타났다. 따라서, B-2 그룹(두부혈압이 정상인 평균 두부혈압보다 높은 경우)은 17%(12명)로 나타나고 있다. B-3-1그룹은 7%(5명), B-3-2그룹은 1.5%(1명), B-3-3그룹은 1.5%(1명)로 각각 나타났다. 따라서, B-3 그룹(두부혈압이 정상인 평균 두부혈압보다 낮은 경우)은 10%(7명)로 나타나고 있다.

표 7. 두부혈압의 분석결과에 의한 질환의 증상 및 증세(B그룹)

Table 7. Symptom of disease by analysis of HBP(B group).

대분류	중분류	소분류	분포율	증상 및 증세
B-그룹 (30%)	B 1 (3%)		3%	대체로 안정한 상태
	B 2 (17%)	B 2-1	11.5%	만성으로 발전 가능성이 높아 회복능력 저하, 두통
		B 2-2	1.5%	병의 증상이 나타나서 기존의 진단 방법으로도 알 수 있는 상태, 심한 두통, 현기증
		B 2-3	4%	만성적인 상태, 병이 진전되어 있는 병적인 상태, 심한 편두통, 당뇨, 쇼크, 소화불량, 뇌졸중 가능성
	B-3 (10%)	B 3-1	7%	대체로 안정한 상태
		B 3-2	1.5%	현기증, 편두통
		B 3-3	1.5%	심한 현기증, 현저한 시력저하, 관혈염

2) 두부혈압 진단에 의한 분석결과(2)

한방병원에 입원한 뇌졸중(중풍)환자 24명을 대상으로 정상인에 대한 뇌졸중 환자의 혈압과 두부혈압의 상관성 및 뇌혈류 상태를 진단하여 진단요소를 추출하기 위해서 임상실험을 의뢰하였다. 실험방법은 혈압 변동요인을 가정하여 3번에 나누어 측정하였으며, 혈압과 두부혈압을 각각 3회 측정하여 평균 혈압과 두부혈압을 결정하였으며, 성별, 나이를 구분하지 않았다. 입원 환자들은 혈압조절을 적극적으로 치료받은 상태로서 평균혈압이 123/76mmHg로 40~60대 정상인(137/83mmHg)보다 더 안정된 혈압을 유지하고 있는 것으로 나타났으나 두부혈압 평균은 92/44mmHg로 매우 높게 나타났다. 환자 개인별 혈압에 대한 두부혈압의 상관성과 정상인의 상관성을 비교한 결과, 정상인(62%/46%)의 기준을 0으로 볼 때, <그림 8>과 같이 환자는 평균 15.37%/11.95%(최대 48%/19%) 높게 나타났으며, 두부혈압이 정상과 비슷한 경우는 33%(8명), 정상보다 매우

높은 경우는 67%(16명)로 매우 높게 나타나고 있어서, 환자들의 대부분이 뇌혈류 상태에 이상이 나타나고 있음을 확인하였다. 이것은 상완혈압 측정에 의해서는 뇌혈류와 뇌혈관에 문제가 있음을 진단하기 어려워서, 상완혈압 측정에 의한 진단/치료에서 오진의 가능성을 내포하고 있음을 시사한다. 뇌졸중 환자들의 상태를 진단함에 있어서 상완혈압을 중심으로 진단/치료가 이루어졌을 뿐 두부혈압이나 뇌혈류상태는 고려되지 않았음을 의미하는 것으로 상완혈압의 안정이 두부혈압의 안정과 반드시 비례하지 않다는 것을 시사한다. 또한, 혈압과 두부혈압이 정상인에 가까운 환자들의 대부분은 치료 효과가 매우 빠르게 호전되고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 두부혈압 측정에 의한 뇌혈류상태를 진단할 수 있고, 중풍환자의 진단 및 치료에 매우 중요한 요소로서 진단과 치료과정에서 오진의 가능성을 최소화 할 수 있고, 치료효과를 간접적으로 파악할 수 있으므로 두부혈압 측정의 충분한 의미와 유의성을 갖고 있다. 이와 같이, 혈압과 두부혈압을 측정하고, 상관성을 추출하여 정상인과 비정상인(환자)을 비교 분석한 결과를 이용하여 자가진단이 가능하고, 사전 예방과 함께 치료가 가능함을 시사하고 있다. 특히, 상완혈압의 측정에 의한 진단에서 배제될 수 있는 많은 진단요소를 두부혈압을 측정함으로써 최소화할 수 있고, 진단과 치료에 있어서 오진의 가능성을 최소화하여 정확한 진단과 치료가 이루어질 수 있다는 것이다. 또한, 두부혈압 측정의 유의성을 확인하고, 상완혈압과의 상관성을 추출함으로써 두부혈압에 대한 새로운 지표를 설정할 수 있을 것으로 판단된다.

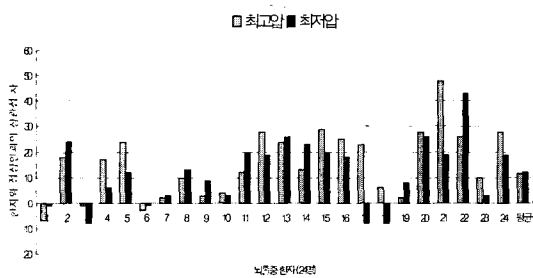


그림 8. 정상인을 기준(0)으로한 환자의 상관성 비교
Fig. 8. Correlativity comparison of patients for regularity person.

IV. 결 론

뇌졸중과 같은 질병은 치료보다는 예방이 최우선이며, 발병 후에는 마비증세의 난치성 질환으로 발전하거나 사망에 이를 수 있는 매우 위험한 질병이다. 이러한 질병은 고혈압 환자들에서 주로 일어나나 그 예외적인 경우로 혈압이 정상임에도 불구하고 갑작스런 발병으로 이어지는 경우도 증가하고 있다. 이는 뇌혈류 상태를 반영하는 두부혈압을 측정하지 않고 상완혈압에만 의존하고 있기 때문에 혈압에 의한 뇌졸중 진단에 있어서, 뇌혈류 상태를 파악할 수 있는 두부혈압을 반영하지 못하여 상완혈압 측정에서 진단할 수 없는 중요한 진단요소의 배제로 인한 오진의 가능성이 매우 높다.

따라서, 혈압과 두부혈압을 쉽고 간편하게 측정하고 뇌혈류를 개선할 수 있는 두부혈압 측정시스템 및 알고리즘을 개발하였으며, 혈압환자 및 뇌질환 환자를 진단함에 있어서 더 정확한 진단이 이루어질 수 있도록 혈압과 두부혈압의 상관성을 추출하였다.

시스템의 성능평가를 위해서, 기존의 전자혈압계와 병렬용 수동혈압계와의 측정오차 및 재현성을 비교한 결과, 두부혈압 측정시스템은 측정오차범위가 다른 혈압계보다 작고, 재현성에 있어서는 93%이상으로 만족시키고 있어서 시스템의 성능을 검증하였다.

상관성 추출에 있어서, 20대의 상완혈압에 대한 두부혈압의 상관성은 최고압 63%, 최저압 47%에 해당하였다. 60대의 상관성은 각각 62%, 46%에 해당하였으며, 20대의 상관성과 매우 유사한 결과를 얻었다.

환자를 대상으로 정상인과의 혈압과 두부혈압의 상관성을 비교한 결과, 상완혈압이 정상인과 비슷하고, 두부혈압이 매우 높거나 낮은 이상이 나타난 환자는 전체의 61%, 상완혈압이 높고 두부혈압이 높거나 낮은 경우는 전체의 30%, 정상인 경우는 9%로 나타났다. 또한, 한방병원에 입원한 환자(뇌졸중)를 대상으로 한 결과에서는, 적극적인 혈압조절과 치료에 의해 평균혈압은 123/76mmHg로 매우 안정적이었으나, 두부혈압이 매우 높은 경우는 67%에 해당하였다. 이와 같이 환자들의 두부혈압을 측정함으로써 두부혈압 이상유무로 환자의 상태를 더 정확하게 진단할 수 있으며, 상완혈압에서 진단할 수 없는 더 유용한 진단요소를 얻을 수 있었다.

이러한 시스템과 상관체계 연구는 인체의 혈액순환과 뇌혈류 장애를 고가의 장비 없이 간단한 방법으로 조기에 진단할 수 있으며, 진단 후에는 개선 치료도 가능하여 가정과 병원에서 널리 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

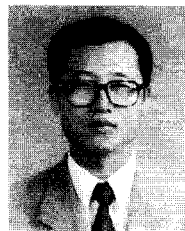
[1] Lassen NA. "Cerebral blood flow and oxygen consumption in man", *Physiol. rev.* vol. 39, pp. 183-238, 1959.
 [2] 이상경, "경색성 뇌혈관질환의 임상적 분석", 학위논문(석사)중앙대학교 대학원, pp. 39-42, 1989
 [3] 尹亨九, "Ascorbic Acid가 자발성 고혈압백서의 혈압에 미치는 영향", 학위논문(석사) 한양대학교 대학원, pp. 46-48, 1980
 [4] Shinoda J, Kimura T, Funakoshi T, Araki Y, "Acetazolamide reactivity on cerebral blood flow in patients with subarachnoid haemorrhage", *Acta Neurochir Wien*, vol.109, pp. 102-108, 1991.
 [5] BonteF J, Devous MD, Sr, Reisch JS, Ajmani AK, "The effect of acetazolamide on regional cerebral blood flow in patients with

Alzheimer's disease or stroke a measured by single-photon emission computed tomography", *Invest Radiol*, vol. 24, pp. 99-103, 1989.
 [6] Gibbs JM, Wise RJS, Leenders KL, Jones T, "Evaluation of cerebral perfusion reserve in patients with carotid artery occlusion" *Lancet* vol.11, pp. 310-314, 1984.
 [7] Cikrit DF, Burt RW, Dalsing MC, Lalka SG, Sawchuk AP, Waymire B, "Acetazolamide enhanced single photon emission computed tomography evaluation of cerebral perfusion before and after carotid endarterectomy", *J Vasc Surg* vol.15, pp. 747-753, 1992.
 [8] Heiss WD, Podreka I. "Role of PET and SPECT the assessment of ischemic cerebrovascular disease" *cerebrovasc Brain Metab Rev.* vol. 5, pp. 235-263, 1993.
 [9] Touho H, Karasawa J, Ohnishi H, "Preoperative and postoperative evaluation of cerebral perfusion and vasodilatory capacity with 99mTc-HMPAO SPECT and acetazolamide in childhood Moyamoya disease", *Stroke* vol.27, pp. 282-289, 1996.

저 자 소 개



李 瑢 欽(正會員)
 1999년 : 원광대학교 전자공학과 졸업(공학사). 2001년 : 원광대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 2001년~현재 : 원광대학교 전자공학과 박사과정. <주관심분야 : 생체공학 및 의용전자, 한의공학(진단 치료기) 마이크로프로세서의 응용>



鄭 東 明(正會員)
 1984년 : 원광대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1987년 : 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1993년 : 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1992년~현재 : 원광대학교 전기전자공학부 교수. <주관심분야 : 생체공학, 심신의학, 정신과학, 한의학의 객관화, 메카트로닉>



高 壽 福(正會員)
 1994년 : 한국방송통신대학교 전자계산학과 졸업. 1996년 : 원광대학교 산업대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 2003년 : 원광대학교 대학원 박사과정 수료. 1997년 1월~현재 : 대전기능대학 전자과 부교수. <주관심분야 : 생체공학 및 의용전자, 메카트로닉>