

# 기능성 발보조기의 족부형태별 균형유지에 미치는 영향

## The Effects of functional foot orthotics on the balance according to Foot Shape

채석우\*, 박광용, 김영서  
S. W. Chai, K. Y. Park, Y. S. Kim

### 요 약

기능성 발보조기는 신발 착용 시 발바닥과 직접 접촉되어 비정상적인 신체 분절의 교정 및 발의 기능을 향상시킬 뿐만 아니라 체중 및 균형을 유지시키고 약화된 부위를 지지함으로써 사람의 직립자세 유지를 위한 균형 유지에 많은 도움이 된다. 이에 본 사례 연구에서는 보행 안정성을 비롯한 충격 흡수 기능을 수용할 수 있는 기능성 발보조기가 족부 형태 및 재질에 따라 신체의 균형유지에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 사람의 평균 무게 중심점의 흔들림 속도(sway velocity)를 이용한 균형감각 자세유지도의 고찰을 통해 족부형태별, 기능성 보조기의 재질에 따른 신체의 균형능력에 미치는 영향을 비교 평가한 결과, 안정한 상태에서 눈을 뜬 자세에서만 유의( $p < 0.006$ )한 결과를 나타냈으며, 이 자세에서 발의 형태별로 구분하여 통계 처리한 결과, 정상족( $p < 0.010$ ), 편평족( $p < 0.000$ ), 요족( $p < 0.003$ )의 순으로 나타났다. 그리고 기능성 발보조기의 재질에 따른 발의 형태별 균형에 미치는 영향을 분석한 결과, 연성재질은 정상의 발에서 그리고 경성재질은 편평족과 요족에 있어서 균형유지에 효과가 있는 것으로 나타났다.

### ABSTRACT

The functional foot orthoses, when wearing shoes, are in the direct contact with bottom of foot to improve and recover the correctness of abnormal lower limb musculoskeletal imbalance and the primary role of foot and also, it can act to keep the balance and weight of body and support the weakened region, so that it is very helpful to keep body balance for the standing position. In this paper, it was researched that foot orthoses which is accommodable for the function of impact absorption including the gait stability affect on the balanced performances of body in according to the formation and the material of foot part. Taking into account the balanced performances by using the sway velocity, the estimation and comparison of the effects on the balanced performances by each formation and material for foot orthoses was evaluated into significant values( $p < 0.006$ ) in only the eye-opening posture with Firm state, In this posture, the static process performed by each foot formation reveals in order of normal foot ( $p < 0.010$ ), flat foot ( $p < 0.000$ ) and hollow foot ( $p < 0.003$ ) and then, on the base of each formation of foot part, the result that analyze the effects of the materials of foot orthoses on the balance performance appeared showing that soft materials is more effective on the normal foot and, on the other hand, rigid materials is more effective in balancing on flat foot and hollow foot.

**Keyword** : functional foot orthoses, sway velocity, flat foot

접 수 일 : 2011.11.20

심사완료일 : 2011.12.22

게재확정일 : 2011.12.26

\* 채석우 : 한일보조기

swchae@kornet.net (주저자)

박광용 : 한서대학교

bracep@hanmail.net (공동저자)

김영서 : 을지대학교

yskorea@eulji.ac.kr (교신저자)

### 1. 서론

사람의 직립자세 유지는 체중 및 균형을 유지하면서 일상생활 동작을 수행하는데 있어서 필수불가결한 요소이다. 이러한 직립자세 유지를 위한 사람의 발은 지면과 접촉하는 인체 기관으로 직립자세 유지시나 이동하는 동안 체중을 지지하며, 하지전체의 기능 수행에 중요한 작용을 한다[1]. 발은 세 개의 아치(arch) 구조로 되어 있으며, 이는 생체역학적으로 가장 안정되게 체중을 분산시켜 몸을 보호하는 역할과 오래 서있거나 걸을 때 피로감을 덜어준다[2]. 아치는 내측 종아치(medial longitudinal arch), 외측 종아치(lateral longitudinal arch) 그리고 횡 아치(transverse arch)로 구성되며, 특히 내측 종아치는 탄력성이 있는 구조로 외측보다 높고 더 유연하며, 지면으로부터의 충격흡수에서 가장 중요한 역할을 수행한다[3]. 특히 발바닥의 내측 종아치가 소실되어 발바닥이 편평하게 되는 편평족(pesplanus) 질환자는 전체인구의 약 20% 정도로 추정된다[4][5]. 한편, Richardson은 성인의 15~20% 정도가 편평족이 있다고 하였고, Harris는 23%에서 편평족이 있다고 하였다[6][7]. 편평족처럼 발의 구조가 비정상적이거나 정상인의 경우라도 지속적인 체력 활동의 결과 또는 병적인 요소나 비만 등에 의한 신체 변화는 발의 기능을 비정상적으로 만들게 되며, 또 이로 인한 신체분절의 올바른 정렬을 불가능하게 하여 관절이나 근육을 손상시키는 원인이 된다[8]. 기능성 발보조기는 신발 착용 시 발바닥과 직접 접촉되어 비정상적인 신체 분절의 교정 및 발의 기능을 향상시킬 뿐만 아니라 체중 및 균형을 유지시키고 약화된 부위를 지지함으로써 사람의 직립자세 유지를 위한 균형 유지에 많은 도움이 된다[9][10]. 따라서 발보조기의 품질이나 재질은 안정된 균형유지 및 발의 기능성을 결정하게 되므로 적절한 발보조기의 사용여부가 발의 기능 및 신체 균형유지에 중요한 요인이 될 수 있다. 이에 보행 안정성을 비롯한 충격 흡수 기능을 수용할 수 있는 기능성 발보조기가 족부 형태에 따라 신체의 균형유지에 어떠한 영향이 있는가를 연구해 보고자 하였다.

도움 없이 스스로 균형을 유지 할 수 있으며, 혼자서 있거나 걸을 수 있는 능력을 가진 자로서 과거 병력상 신경계 및 근골격계에 특이할 만한 병변이나 외상을 경험한 일이 없는 건강한 성인 남성 18명을 대상으로 하였다. 본 연구에 참가한 피험자의 신체적 특성은 다음 표1과 같다.

표 1. 피험자의 특징

구분	최소값	최대값	평균	표준편차
나이	21	44	27.4	± 5.76
신장(cm)	167	185	174.4	± 5.95
몸무게(kg)	60	90	72.78	± 9.58
발크기(cm)	255	275	267.2	± 7.32

이들 피험자들의 정적균형능력에 대한 감각장애 평가를 위해 균형감각 자세유지도를 측정하였다. 균형감각 자세유지도(mCTSIB) 측정은 검사장비의 힘판(force plate) 위에 기 제작된 기능성 발보조기를 착용하고 그림1 a.에서와 같이 안정한 바닥(Firm 물체) 위에 피검자가 편안한 자세로 직립하게 한 후, 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 각각 자세를 10초간 직립자세를 유지 하도록 하였고, 이후 그림 1. b.에서와 같이 불안정한 바닥(Foam 물체) 위에서 피검자가 편안한 자세로 서게 한 후, 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 각각 직립자세를 10초간 지속하게 하였다. 이때 검사장비의 힘판에 가해지는 신체 압력 중심(COG; center of gravity)의 변화를 검사장비의 모니터 상에서 추적하고, 신체 압력 중심의 요동 폭과 높이를 기준으로 하여 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태의 자세에서 각각 3회 반복 측정하여 신체 압력 중심의 평균변화속도(mean COG sway velocity, deg/sec)를 구하였다.



그림 1 a. 안정한 힘판 (Firm 물체)

### 2. 연구방법

#### 2.1 연구대상 및 방법

본 연구의 피험자로는 평균연령 27.4세로 타인의

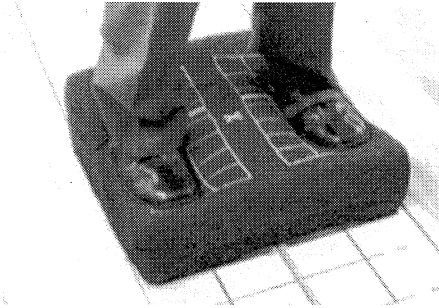


그림 1 b. 불안정한 힘판 (Form 물체)

## 2.2 연구장비 및 실험도구

신체의 정적균형능력에 대한 감각장애 평가를 위한 검사기기로는 신체의 압력 중심의 변화를 정량적으로 측정이 가능한 미국 NeuroCom사의 Balance Master System을 사용하였으며, 그림2에 나타내었다.

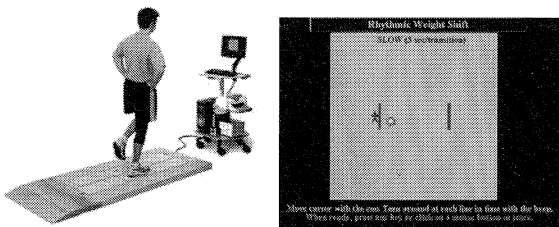


그림 2. 균형능력 평가기기

이 검사기기는 그림2에서처럼 모니터 상에서 자신의 신체 압력 중심점을 보고 시각적 피드백을 통한 좌우 균형훈련과 균형유지 능력의 객관적 평가가 가능한 기기이다.

또한, 실험에 사용한 신발은 기존의 기능성 신발로 바이오메카닉스사의 M-Shoes로 크기별로 3가지 종류를 사용하였으며, 기능성 발보조기는 그림3에서처럼 바이오메카닉스사의 상용화된 표준형 BFO (Bio Mechanical Foot Orthoses)를 피험자 대상별로 크기별, 재질별로 연성, 경성의 발 보조기를 사용하였다.



그림 3. 기능성 발보조기

## 2.3 실험방법

본 실험은 그림 4에서와 같은 방법으로 모든 피험자들의 연령, 체중, 신장, 발 크기(길이와 폭)를 측정 한 후, 방사선적 평가에 의해 기립시 종골각(RCSP : Resting Calcaneus Stance Position)을 기준으로 발을 정상족, 편평족, 요족으로 분류하였으며 그 결과는 표2에서와 같다.

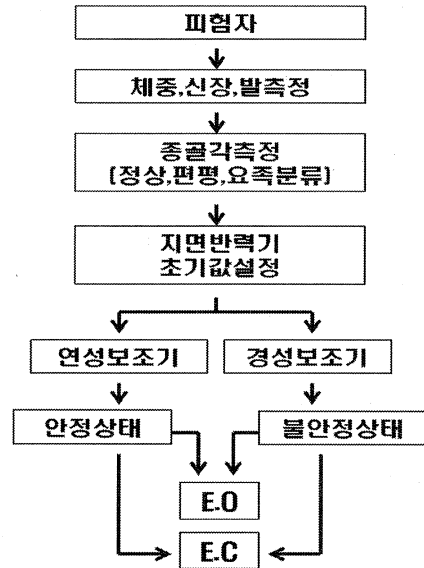


그림 4. 실험 방법

피험자 측정을 위해 Balance Master System의 지면반력기 위의 고정 위치에서 양발을 모은 후, 목표한 지점을 응시하도록 하고, 이때 지면반력기로부터 얻어지는 무게 중심의 좌표 값을 컴퓨터에 저장하여 기준값으로 설정하였다.

표 2. 피험자 발의 형태

피험자	발의 형태 (명)		
	정상족	편평족	요족
	RCSP ± 2°	RCSP - 5° 이상	RCSP + 5° 이상
18명	6	9	3

표2에서와 같이 발 형태별로 구분된 피험자는 균형능력에 대한 감각장애 평가를 위해 안정(Firm)상태, 그리고 불안정(Foam)상태별로 각각의 상태에서 두발로 직립한 후 10초간 눈을 떴을 경우(Eye

Open)와 감았을 경우(Eye Close)에 발보조기의 재질에 따라 평균 무게 중심점의 흔들림 속도(mean COG sway velocity, deg/sec)와 기능성 발 보조기의 재질에 따라 연성(soft)과 경성(rigid)으로 나누어 측정하였다. 측정값들에 대한 통계분석은 Window 용 SPSS(ver)10.0을 이용하였으며, 재질에 따른 균형 능력 측정값을 기술통계(descriptive)내에서 최소값, 최대값, 평균 그리고 표준편차를 구하였다. 독립 표본 T검정(independent-samples T test)은 두 집단 간 평균의 차이가 통계적으로 유의미한지를 비교 분석하여, 통계적 유의성 검정을 위한 p값은 0.05 미만으로 하였다.

### 3. 연구결과

정적균형능력 평가를 위해 평균 무게 중심점의 흔들림 속도를 안정한 바닥상태(Firm)와 불안정한 바닥상태(Form), 그리고 눈을 뜬(EO)자세, 눈을 감은(EC)자세, 그리고 기능성 발보조기의 재질에 따라 측정된 결과값을 표3에 나타내었다.

표 3. mCTSIB : Sway Velocity (deg/sec) n=18

	재질	min	max	평균	표준편차	t 값	양쪽유의 확률
Firm EO	연성	0.10	0.83	0.45	0.06	2.955	0.006
	경성	0.17	0.47	0.27	0.02		
Firm EC	연성	0.17	0.63	0.32	0.11	-0.426	0.673
	경성	0.13	0.60	0.34	0.13		
Foam EO	연성	0.27	0.63	0.45	0.09	-0.961	0.343
	경성	0.27	0.70	0.48	0.12		
Foam EC	연성	0.47	1.60	0.99	0.29	-0.271	0.788
	경성	0.47	1.53	1.02	0.29		

지면의 굴곡 정도와 사람의 신체 균형유지에 있어서 고유 수용기인 시각적인 영향 차이를 구분하기 위해 두 눈을 뜬 경우와 두 눈을 모두 감은 경우, 발보조기의 재질에 따른 정적 균형능력 비교를 위해 발 형태별로 평균 무게 중심점의 흔들림 속도(sway velocity)를 측정된 결과를 표4에 나타내었고, 표5에서는 시각적 보상과 자세균형 조절장애간의 차이를 비교하기 위해 발 형태 구분 없이 피험자 18명에 대한 개안(EO) 시, 폐안(EC) 시의 평균 무게 중

심점의 흔들림 속도 변화 및 편차를 나타냈으며, 그림 5에서는 평균값에 대한 그래프를 나타내었다.

표 4. 평균 무게 중심점의 흔들림 속도

구분		발보조기재질	발의 형태로 구분		
			정상	편평족	요족
Firm	Eye	연성	0.15	0.54	0.81
	Open	경성	0.27	0.26	0.32
	Eye	연성	0.33	0.29	0.38
	Closed	경성	0.37	0.31	0.38
Foam	Eye	연성	0.43	0.47	0.42
	Open	경성	0.50	0.47	0.52
	Eye	연성	1.08	0.94	1.00
	Closed	경성	1.18	0.94	0.94
계		연성	1.99	2.24	2.61
		경성	2.32	1.98	2.16

표 5. 개안, 폐안 시 평균 무게 중심점 흔들림 속도변화

재질		Soft(deg/sec)	유의값
Firm	E.O	0.24±0.07	0.02
	E.C	0.32±0.11	
Foam	E.O	0.45±0.09	0.00
	E.C	0.99±0.29	

재질		Rigid(deg/sec)	유의값
Firm	E.O	0.27±0.08	0.09
	E.C	0.34±0.13	
Foam	E.O	0.48±0.12	0.00
	E.C	1.02±0.29	

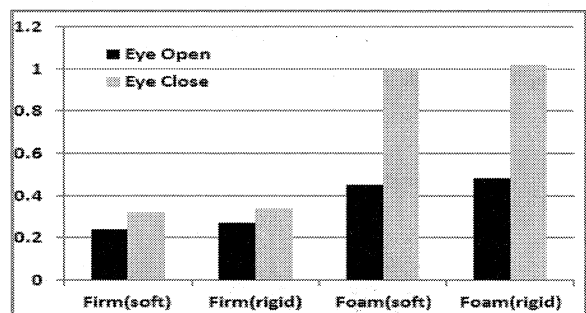


그림 5. EO, EC sway velocity 변화

#### 4. 고찰

인간의 직립자세 유지는 넘어지지 않으면서 일상 생활 동작을 수행하는데 있어 필수 불가결한 요소이다. 자세조절은 신체의 무게중심을 지지범위 내에 유지하는 것, 즉 안정성 범위 내로 유지하는 것을 의미한다[8]. 본 연구에서는 피검사자가 검사기기의 힘 측정판 위에 서게 되면 신체의 하중에 의한 수직 반발력인 신체 무게 중심점을 측정하였고, 이 무게 중심의 흔들림 정도를 이용하여 신체 균형유지의 안정성을 평가 하였다. 본 연구는 정적 균형능력 및 기능적 동작에서의 균형능력을 정량적으로 측정할 수 있었으며, 시각적 피로감을 통하여 균형 훈련을 시킬 수 있어 치료에도 도움을 줄 수 있는 검사장비를 사용하였다. 힘판을 사용하여 정적자세를 비교 한 결과 표3에서와 같이 Firm상태에서 양발을 고정 시킨 채 눈을 뜬(Eye Open) 자세에서 유의( $p<0.006$ )한 차이를 보였으나 Firm상태에서 눈을 감은 자세( $p<0.673$ )와 Foam상태에서 눈을 뜨거나( $p <0.343$ ) 감은 상태( $p<0.788$ )에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이것은 눈을 감았을 때에는 공간 내 위치에 관한 정보를 얻는데 가장 많이 의존하는 시각계의 상실이 원인 일 수도 있으며, 불안정한 바닥인 경우에는 위치와 움직임에 관한 정보를 주는 체성 감각계가 지지면의 변화로 인해 왜곡되어 균형제어를 하지 못하는 원인 일 수도 있다. 유의( $p<0.006$ )한 결과 값을 가지고 발의 형태별(정상, 편평족, 요족)로 구분하여 통계 처리한 표4의 결과를 보면 Firm상태의 힘판에서 눈을 뜬 경우에는 정상발을 제외하고 모두 경성의 재질이 균형을 잡는데 효과적으로 나타났으며, Firm상태에서 힘판 위에 눈을 감았을 경우에는 모든 형태의 발이 연성의 발보조기가 균형을 잡는데 효과적인 것으로 나타났다. Foam상태의 힘판 위에서는 눈을 뜬 경우와 눈을 감았을 경우 모든 형태의 발이 미세하지만 연성의 발보조기가 균형을 잡는데 효과적으로 나타났으나 눈을 감은 상태에 요족 경우에는 경성의 재질이 효과적으로 나타났다.

전체적인 값으로 비교한 결과, 편평족과 요족이 균형을 잡는데는 경성의 발보조기가 효과적인 것으로 나타났다. 경성의 발보조기는 과도한 편평족에서 거골의 내측회전을 효과적으로 제어하고 그에 따라 무릎, 다리의 역회전운동을 감소시키고 균형을 유지시킨다는 기존의 임상 결과와 일치하였다[11][12].

발 형태 구분 없이 피험자 18명에 대해 눈을 떴을 경우와 감았을 경우를 비교한 결과, 표5 및 그림5에

서와 같이 개안 시에 비해 폐안 시에 동요 정도가 유의 있게 큰 것으로 나왔다. 이것은 시각적 보상을 제거한다면 자세균형의 조절장애가 더 뚜렷하게 나타났기 때문으로 판단된다.

한편 인간의 평형감각은 주변 환경과 몸의 변화에 따라 머리의 위치변화를 감지하게 되는데 시각과 고유수용성 감각의 기능이 좋을 경우, 자세와 균형을 유지하는 데 큰 역할을 하지 않는 것으로 판단된다. 본 연구의 제한점으로 나타난 특징은 자유도가 변화함에 따라 자세 흔들림은 균형유지 평가 반복 횟수에 관련이 없다고 하였으나 인간의 자세 조절의 똑같은 동작을 반복함으로써 쉽게 적응한 것으로 판단된다. 각각의 다른 조건에서 압력중심의 기저면의 변화에 따라 연구자의 지시를 받은 즉시 피험자들의 양발지지 요구 과제를 성공적으로 수행하기 위해서 피험자들은 약간의 예측행동을 했을 가능성을 배제할 수 없다. 이것은 다음에 오는 자세에 따라 자세조절 반응형태가 통계적으로 영향을 끼쳤을 것으로 판단된다. 이 결과는 지지면의 형태를 변화 시켰을 때, 새로운 상황에 적응하기 위하여 신체본질을 재정립 시키고 신체내부의 역동적인 특성을 변화 시킨다는 사실을 확인 시켜주었다.

#### 5. 결론

사람의 균형능력은 어떤 자극이 주어지거나 지지면의 형태를 변화시키면 이에 대한 반응이 나타나게 된다. 본 연구에서는 이러한 지지면의 변화에 따라 그리고 발보조기의 재질에 따라 피험자의 균형능력에 미치는 영향을 신체의 평균 무게 중심점의 흔들림 속도(sway velocity)를 측정하여 평가하였다. 본 연구의 결과를 종합하면 상품화된 발보조기는 Firm상태에서 양발을 고정 시킨 채 눈을 뜬(Eye Open)자세에서 유의( $p<0.006$ )한 차이를 보였으나, Firm상태에서 눈을 감은 자세( $p<0.673$ )와 Foam상태에서 눈을 뜨거나 ( $p <0.343$ ) 감은 상태( $p<0.788$ )에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 눈을 감았을 때에는 공간 내 위치에 관한 정보를 얻는데 가장 많이 의존하는 시각계의 상실이 원인 일 수도 있고, 불안정한 바닥 일 때에는 위치와 움직임에 관한 정보를 주는 체성 감각계가 지지면의 변화로 인해 왜곡되어 균형제어를 하지 못하는 원인 일 수도 있다. 유의( $p<0.006$ )한 결과 값을 가지고 발의 형태별(정상, 편평족, 요족)로 구분하여 통계를 처리한 결과 정상( $p<0.010$ ), 편평족( $p<0.000$ ), 요족( $p<0.003$ )으로 편평족이 가장 유의한 값이 나와 편평족이 균

형을 잡는 데는 경질의 재질이 효과적인 것으로 나타났다. 이상과 같은 본 연구를 기초로 하여 각 보조기 재질의 연성, 경성의 정도에 따른 실험 결과 및 최적의 정도에 대한 연구는 추후 연구과제로서 그 의미가 크다고 하겠다.

### 참 고 문 헌

[1] 이기철, 김영비, “중심동요에서 본 직립자세유지 능력에 관한 연구(II)”, 比較文化研究, Vol.8, pp.161-166, 1997.

[2] 이홍재 외 4인, “하지의 임상생체역학”, 군자출판사, pp.30-31, 2007.

[3] 이소영, “바른 걷기자세의 족부의학적 고찰”, 가정의학회지, 제27권, 제4호, pp.437, 2006.

[4] 선상규 외 9인, “편평족과 정상족을 가진 사람의 체력특성 비교”, 한국스포츠리서치논문집, 제17권, 제6호, pp.687-694, 2006.

[5] 서태수, “청년층의 편평족 실태조사”, 대한물리치료학회지, 제9권, 제1호, pp.97-101, 1997.

[6] Richardson, E.G., “Pes Planus”, In Canaly ST(ed), *Campbell's operative orthopedics*, ed 10, Mosby, pp.1712-1745, 2003.

[7] Harris, R.I. and Beath, T., “Hypermobile flatfoot with short tendo- achilles”, *J Bone Joint Surg*, 30-A, pp.116-138, 1999.

[8] 이홍재 외 4인, “하지의 임상생체역학”, 군자출판사, pp.30-31, 2007.

[9] Hertel, J., Sloss, B. R. and Earl, J. E., “Effect of foot orthotics on quadriceps”, pp.245-246, 2005.

[10] 김승재, “보행 시 과도한 회내와 관련된 발 질환을 위한 맞춤형 발보조기의 교정적 기능”, 한국운동역학학회지, 제16권, 제1호, pp.65-79, 2006.

[11] G. Mattacola, “Effect of orthoses on postural stability in asymptomatic subjects with rearfoot malalignment during a 6-week acclimation period”, *Arch Phys Med Rehabil*, Vol 88, pp.653-660, 2007.

[12] Brown, L.P. and Yavorsky, P.L., “Biomechanics and Pathmechanics: a review”, *J Orthop Sports Phys ther*, Vol 18, pp.7, 1987.



#### 채 석 우

2005년 2월 한국방송통신대  
영어영문학과 졸업  
(학사)

2009년 2월 경기대학교 대  
체의학대학원 생체  
역학 졸업 (석사)

2009년 3월 현재 한일보조기 연구원

관심분야 : 생체재료, 의지보조기



#### 박 광 용

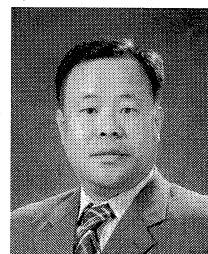
2006년 2월 한국디지털대학  
교 사회복지학과 졸  
업 (학사)

2009년 2월 경기대학교 대  
체의학대학원 생체  
역학 졸업 (석사)

2011년 한일보조기-의수족 대표 (현)

2011년 한서대학교 의료보장구학과 교수(겸임)  
(현)

관심분야 : 생체역학, 전자의수족



#### 김 영 서

1987년 2월 인하대학교 전  
자공학 졸업 (학사)

1989년 2월 인하대학교 대  
학원 전자공학 졸업  
(석사)

2009년 2월 인천대학교 대  
학원 정보공학 졸업  
(박사)

1994년 5월 - 2002년 8월 삼성서울병원 의공기  
술과 (과장)

2002년 9월 - 현재 을지대학교 의공학과 교  
수, 을지대학병원 의공팀장 (겸)

관심분야 : 신호처리, 의료공학, 재활복지공학