

IR센서 기반 보행보조기를 이용한 보행 시 경사상태에 따른 보행의지 파악에 관한 연구

A Study on Walking Intention Detection of Gait Slope and Velocity of the Rollator Based on IR Sensor

이현중, 강승록, 유창호, 권대규*

H. J. Lee, S. R. Kang, C. H. Yu, T. K. Kwon

요 약

본 논문은 보행의지를 파악하기 위해 IR 센서 기반 보행보조기를 이용하여 보행 시 슬관절 전방변위 측정과 하지의 근육활성도를 고찰하였다. 슬관절 전방변위 측정을 위해 보행보조기에 IR센서를 장착하였고, 근진도 (Bagnoli-8ch, Delsys Inc, USA)장비를 이용하여 대퇴직근, 대퇴이두근, 전경골근, 비복근을 측정 하였다. 실험에 참가한 피험자들은 성인 8명(나이 23.7 ± 0.5 years, 신장 175.4 ± 2.3 cm, 체중 70.6 ± 5.6 kg)이며 매주 30분씩 총 3주간 진행되었다. 보행 시 경사조건과 보행 속도의 증가에 따라서 슬관절 전방변위가 변화되는 결과를 확인할 수 있었다. 또한 근육활성도 결과, 전방경사 시 대퇴부 근육의 활성도가 증가하였고 후방경사 시 하퇴부 근육이 많이 활성화 되어 IR센서 결과와 유사한 경향을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

The aims of this study are to investigate the walking intention detection of a rollator based on Infraed (IR) sensor measuring knee joint anterior displacement and leg muscle activities. We used Active Walker attached IR sensor to measure the knee joint anterior displacement and EMG signal of leg muscles(rectus femoris, biceps femoris, tibialis anterior, gastrocnemius) were taken by Delsys bagnli-8ch. Subjects were eight healthy males(age 23.7 ± 0.5 years, height 175.4 ± 2.3 cm, weight 70.6 ± 5.6 kg) and they were involved in experiments which had been proceeded 30 minutes a week, during 3 weeks. This system indicates that the knee joint anterior displacement had the distinction increases according to the gait slope and velocity. We showed the increase of the femoral muscle activities along the anterior tilt and the increase of the crural muscle activities along the posterior tilt.

Keyword : Rollator, Welfare, EMG, IR sensor

1. 서론

경제 발전과 의학 기술 발달에 따른 평균 수명의 연장으로 우리나라도 고령화 사회로 진입하였다. 65세 이상 고령자 인구가 2013년 기준 589만명으로 전체인구의 11.8%이며 이는 매년 증가하는 추세이다[1]. 고령자는 신체 노령화로 인해 65세 이후부터 급격하게 근력이 감소되며 그 중 하지 근력의 저하는 보행 행위를 저해하는 요소이다[2]. 삶의 질 향상에 따라 고령자의 기대 수명이 높아지고 있으며 이에 따라 고령자의 일상생활을 지원하는 기술 및 기기에 대한 관심이 높아지고 있다[3]. 전통휠체어

접 수 일 : 2014.10.30

심사완료일 : 2014.11.18

게재확정일 : 2014.11.27

이현중 : 전북대학교 헬스케어공학부 석사과정

ileehunjongi@naver.com (주저자)

강승록 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구원

okokokman@naver.com (공동저자)

유창호 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수

combo418@nate.com (공동저자)

* 권대규 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수

kwon10@jbnu.ac.kr (교신저자)

※ 본 연구는 2014년도 산업통상자원부(국민편익증진기술 개발 사업(QoLT), No. 10048001)의 지원을 받아 수행된 연구임.

를 포함한 이동보조기기는 장애인 및 고령층의 확대를 복지 용구 분야에서 필요한 기술이며 시장성이 증가하고 있는 추세이다[4].

첨단 의료기술의 발전과 경제 성장으로 인간의 평균수명이 연장되면서 고령자의 삶의 질에 영향을 미치게 되었다. 고령자가 일상을 편안하고, 행복하게 하기 위해서는 가장 기본적인 활동인 보행에 불편함이 없어야 한다[5]. 현재 하지근력이 저하된 대부분의 고령자는 일상생활에서 4점 지팡이 또는 보행보조기의 도움을 받아 생활하고 있다[6]. 이런 편의성 및 기능 향상에 관련한 문제를 해결하기 위해 공학/기술적인 측면과 사용자가 요구하는 디자인 및 객관적이고 보편화된 ISO 규격의 필요성이 증대되고 있다.

현재 장애인 및 고령자의 삶을 보조하기 위해서 개발되는 지능형 로봇 형태의 보행보조기기는 기본적으로 고령자 보행을 보조하고, 앉기 동작 및 서기 동작을 도와주며, 고령자가 목표지점까지 안전하고 편안하게 이동하는 기능이 최우선되어야 한다. 장애인 및 고령자를 위한 보행보조기에 대한 연구는 크게 노인이 보행보조기 차량의 제어를 원활하게 수행할 수 있도록 고안된 센서를 개발하는 기술[7-9]과 차량을 안정적으로 제어할 수 있는 차량 이동 기술[10-12] 그리고 장애인들이나 고령자가 가지고 있는 순발력의 어려움 등을 해결하기 위한 장애물 회피기술[13] 등이 대표적이라 할 수 있다. 이러한 연구는 장애인 및 노인이 보다 쉽게 보행보조기를 사용할 수 있게 도와준다.

기존의 보행보조기를 이용한 보행의지 파악 기술은 보조보행기에 FSR(force sensing resistor) 센서나 힘 센서를 이용한 기술이 대부분이다[14]. 평지 보행 시 사용자의 안전에 큰 문제는 없지만 경사가 있는 장소를 이동할 때 문제가 발생할 수 있다. 특히, 내리막 보행 시 안전 보행을 위해 속도를 줄여서 천천히 움직여야 하지만 보행보조기를 천천히 움직이기 위해서는 손잡이에 힘이 많이 들어가게 되는데 이때 기존의 보행보조기의 경우 보행속도를 증가시켜 사고의 위험을 증가시킬 수 있다[15]. 하지의 움직임에 대한 연구의 경우 이근호 등은 보행보조기 아래쪽에 IR센서 두 개를 부착하여 보행 시 정강이 움직임을 측정 하여 평지 보행 시 보행의지 파악을 한 연구가 있다[16]. 이와 같이 IR센서를 이용한 하지 움직임을 측정 하여 보행의지 파악을 하는 연구가 진행되긴 하나 경사 환경에 따른 연구는 부족한 상태이다.

따라서, 본 연구는 IR센서 기반 보행보조기를 이용하여 보행 시 경사상태에 따라 슬관절 전방변위

측정과 하지의 근육활성도를 통해 보행의지 파악을 하고자 하였다.

2. 실험장비 및 방법

2.1 피험자

본 연구에서는 20대 성인남성을 대상으로 최근 6개월 이내에 운동 상해에 대한 병력이 없고 최근 3개월 이내에 운동 경험이 없는 20대 성인 8명을 본 연구의 피험자로 설정하였다. 표 1은 실험에 참가한 8명 피험자의 신체적 특징을 나타내고 있다.

표 1. 8명 피험자의 신체적 특성(평균±표준편차)

	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)
subjects	23.7±0.5	175.4±2.3	70.6±5.6

2.2 시스템 구성

능동형 보행보조기의 테이블 중심부에 한 개의 IR센서(GP2Y0A02YK0F, SHARP Co., Japan)를 장착하여 슬관절의 전방변위를 측정할 수 있도록 하였다. 본 실험에 사용한 IR센서는 적외선 거리측정 센서로 20-150cm 거리측정이 가능하며 센서의 크기는 가로 29.5mm 세로 13mm 높이 21.6mm 이고 동작전압의 경우 아날로그 출력으로 4.5-5.5V이다.

슬관절의 전방변위 측정을 위하여 양 무릎에 마커를 부착 후 IR센서 측정을 위한 베이스라인을 설정하였다. 실시간 데이터 전송을 위하여 보행보조기의 트레이 아래쪽에 DAQ보드(USB-6009, National Instruments Co., USA)를 장착하여 컴퓨터와 연결할 수 있도록 하였다.

보행의지 파악을 위해 NI Labview 2011(National Instruments Co., USA) 시스템을 사용하여 소프트웨어를 설계하였다. 보행자가 보행을 시작하면 보행자의 보행의지를 파악하기 위하여 사용자의 슬관절 전방변위(보행 시 무릎의 전진과 후진할 때 IR센서에 찍히는 피크 점의 차이 값)의 데이터를 저장 후 분석을 통해 보행의지를 파악할 수 있는 시스템을 설계하였다. IR센서 데이터는 보행 시 1분간 측정하였다.

그림 1과 같이 IR센서를 이용하여 슬관절 전방변위 및 근육활성도를 측정 하였으며 경사조건과 보행속도를 제어하기 위해 트레드밀(gait trainer, Biodex Ltd., USA)에서 진행하였다. 트레드밀을 이용하여 경사(전방, 후방)를 조절하였다. 경사는 전방

경사, 후방경사, 비 경사로 구분하였으며 전·후방 경사 10도 비 경사 0도로 설정하였다. 보행속도는 1km/h, 2km/h, 3km/h로 설정하였다.

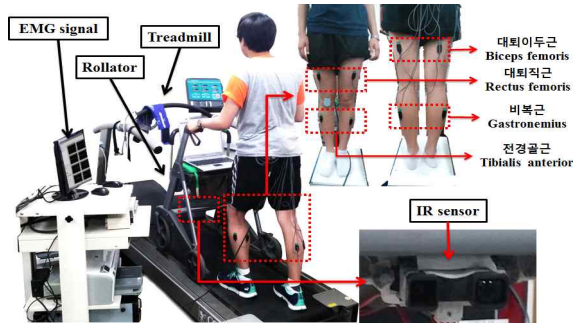


그림 1. IR센서를 이용하여 슬관절 전방변위 및 근육활성도 측정을 위한 실험 사진

전방변위의 경우 슬관절에 부착한 마크가 보행 시 보행보조기 안으로 최대한 들어왔을 때 IR센서에 측정된 거리와 최대한 나갔을 때 측정되는 IR센서 거리 차를 보았다. IR센서 기반 보행보조기를 이용하여 보행 시 경사조건과 보행속도에 따른 결과와 생체신호를 비교 분석하기 위해 근육활성도를 평가하였다. 측정된 하지 근육은 대퇴이두근, 대퇴직근, 비복근, 전경골근이다. 동작에 따른 노이즈를 제거하기 위해 25-450Hz로 대역폭 필터를 사용하였다.

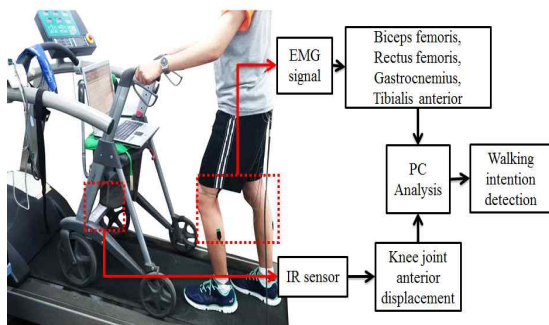


그림 2. 보행의지 파악 알고리즘 흐름도

그림 2는 보행의지 파악 알고리즘 흐름도를 나타내었다. IR센서를 통해 얻은 슬관절 전방변위 값과 근육 활성도 값을 분석하여 보행 속도와 경사상태에 따라 보행의지 파악을 할 수 있도록 하였다. 실험은 그림 3과 같이 매주 30분씩 총 3주간 진행하였고 피험자 간의 상이한 자세로 인한 오차를 없애기 위하여 일정한 자세를 유지하도록 하였다. 또한

실험 전 모든 피험자들에게 실험의 목적과 방법을 충분히 인지할 수 있도록 설명하였다.

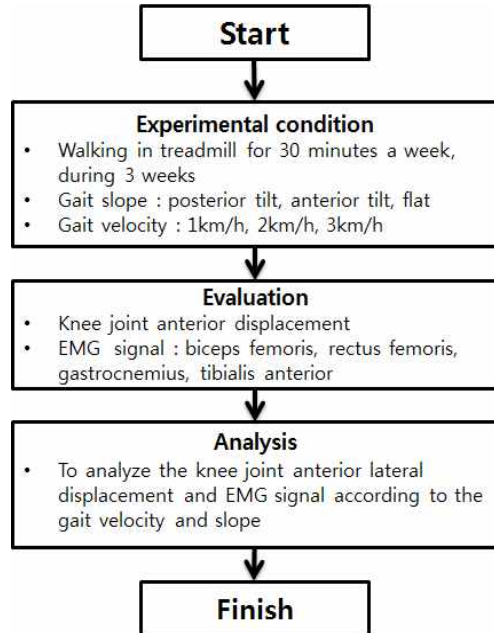


그림 3. 보행의지 파악을 위한 블록다이어그램

2.3 통계 분석

본 연구에서는 경사조건과 보행속도별 IR센서 값과 근육활성도 결과를 바탕으로 보행의지 파악에 대한 유효성을 검증하고자 하였다. 측정된 데이터들은 유의성 검증을 위해 SPSS 18.0 kor을 사용하여 IR센서 값과 근육활성도 데이터들을 분석하였다. 경사조건과 보행속도별 IR센서 값과 근육활성도 값에 대한 평균과 표준편차를 산출하였다. 또한 두 요인들에 대한 상호작용의 유무를 알아보기 위해 이원 분산분석을 실시하였고 자료 분석의 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 이다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 보행보조기에 IR센서를 부착하여 슬관절 전방변위 측정과 근전도 측정을 통해 경사에 따른 보행의지 파악을 하고자 하였다.

보행 보조기의 테이블 중심부에 부착한 IR센서를 이용하여 슬관절 전방변위를 측정하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다. 그림 4는 경사방향을 기준으로 보행 속도별 슬관절의 전방변위 결과를 나타낸 것이다. 경사별, 속도별, 전경골근 이동거리 결과 전방 경사 시 3km/h 보행에서 39.9 ± 0.9 cm로 가장 크게 나타났으며 속도별 유의한 결과를 보였다.

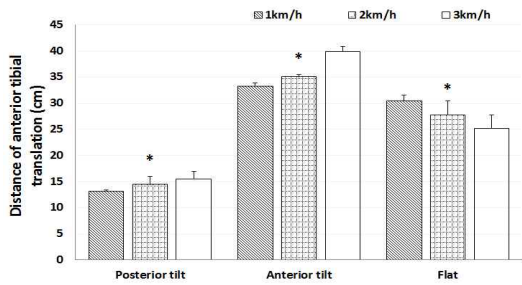


그림 4. 경사방향과 속도별 슬관절의 전방변위 결과

그림 5와 그림 6는 1km/h 보행 시 근육 활성도를 나타낸 것이다. 전방 경사 시 하퇴부의 근육 활성 수준은 3% 이내로 유사한 결과를 보이고 대퇴부의 경우 많은 근육활성을 보였다. 후방경사의 경우 전방경사 시 대퇴부의 근육활성도 보다 15% 낮은 결과를 보이며 전방경사와 달리 하퇴부의 근육이 상대적으로 크게 활성화되는 유의한 결과를 볼 수 있다.

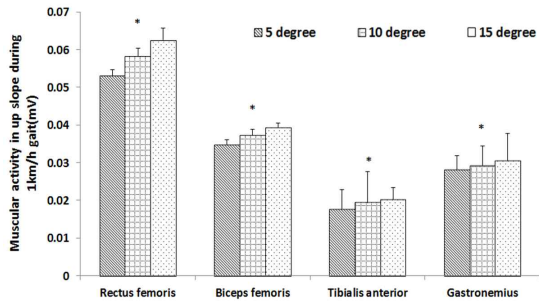


그림 5. 1km/h 전방경사 시 근육활성도 결과

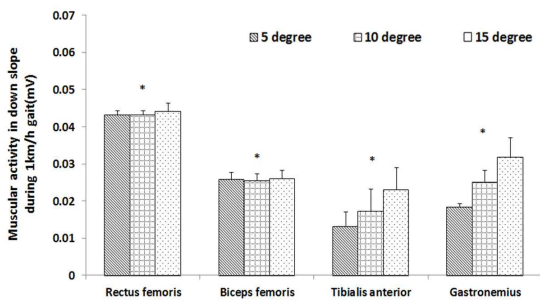


그림 6. 1km/h 후방경사 시 근육활성도 결과

그림 7과 그림 8은 2km/h 보행 시 근육 활성도 결과를 나타낸 것이다. 전방경사 시 하퇴부의 근육 활성 수준은 약 5% 이내로 유사한 경향을 보이고 대퇴부의 경우 22% 증가하는 근육 활성을 보였다. 후방경사 시 대퇴부 근육활성도는 전방경사 시 보다 15% 낮은 경향을 보였지만 하퇴부의 경우 전방

경사와 달리 하퇴부의 근육활성에 의존하는 유의한 결과를 보였다.

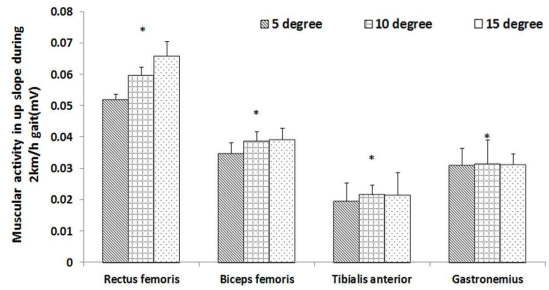


그림 7. 2km/h 전방경사 시 근육활성도 결과

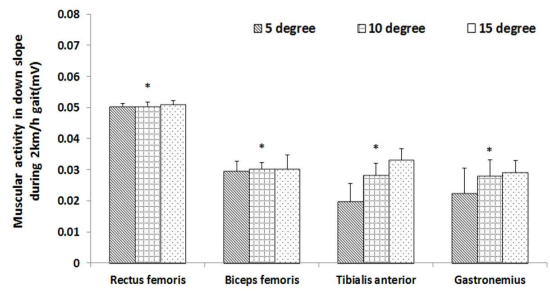


그림 8. 2km/h 후방경사 시 근육활성도 결과

그림 9와 그림 10은 3km/h 보행 시 근육활성도 결과이다. 전방경사 시 보행 속도 증가에 따라 근육활성도는 9% 정도 증가하는 경향을 보였다. 경사에 각도에 따라 하퇴부의 근육활성은 3% 이내로 유사하지만 대퇴부의 경우 17% 유의하게 증가하는 근육 활성도를 보였다. 후방경사 시 속도가 빠를수록 하퇴부의 근육활성도 수준이 전체적으로 유의하게 증가하는 경향을 보이고 있으며 경사각도가 오를수록 하퇴부 근육이 대퇴부 보다 더 많은 근육활성이 보였다. 대퇴부 근육보다 하퇴부의 근육을 더 많이 활성화 시켜 감속과 보행균형을 유지하는 경향을 보인다.

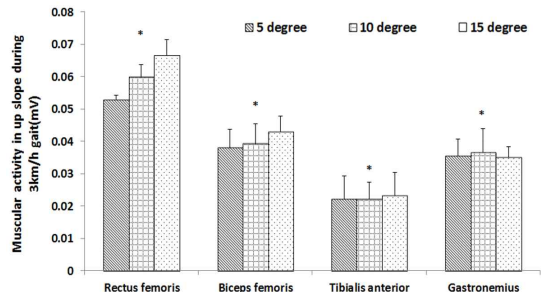


그림 9. 3km/h 전방경사 시 근육활성도 결과

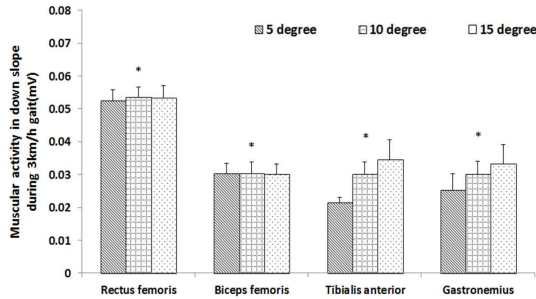


그림 10. 3km/h 후방경사 시 근육활성도 결과

경사 보행 시 IR센서를 통한 슬관절 전방변위 결과, 전방경사와 후방경사 시 속도에 따라 더 크게 증가되었고 또한 근육생리신호 결과도 이와 유사하게 유의한 결과를 보였다. 이는 기존 FSR센서를 이용하여 사용자의 보행 속도 및 보행 방향을 파악하고 이를 퍼지 알고리즘을 이용하여 사용자의 보행 의도를 파악한 보행보조기[17]와 가변저항형 핸들바 및 힘 센서를 이용한 핸들바와 스트레치센서 모듈을 이용한 보행보조기[18] 보다 슬관절 전방변위 측정이 사용자의 보행의지 파악에 더 효율적이라는 결과를 나타내는 것이다.

기존 FSR센서를 이용한 보행의지를 파악한 보행보조기와 가변저항형 핸들바 및 힘 센서를 이용한 보행보조기의 경우 평지 보행을 제외한 다양 지형을 극복하는데 문제가 발생하고 사용자별 힘의 사용 정도가 다르기 때문에 보행의지를 파악하기가 어렵다. 하지만 슬관절 전방변위는 보행 시 IR센서를 이용해 슬관절을 측정하는 것이기 때문에 보행 상황과 조건과 관련 없이 보행 시 나타나는 변위에 의존하기 때문에 보행자의 보행의지를 보다 안전하고 정확하게 파악할 수 있다.

이러한 결과는 근육활성도 결과에서도 유사하게 나타났다. 전방경사 시 보행 속도가 증가할수록 대퇴부 근육이 많이 활성화 되는 것을 보였다. 후방경사 시 근육활성도를 보면 속도에 따라서 하퇴부의 근육이 많이 활성화 되는 것을 볼 수 있었다. 내리막 보행 시 하퇴부에 힘을 많이 사용함으로써 감속과 보행 안전을 위한 보행균형을 유지하는 것으로 사료된다. 이는 경사보행 시 슬관절 변위 정도에 따른 보행의지 파악 위한 인체생리신호를 뒷받침하는 결과라고 사료된다.

4. 결론

본 연구는 IR센서 기반 보행보조기를 이용하여 보행 시 슬관절 전방변위 측정과 하지의 근육활성

도를 통해 보행의지 파악을 하고자 하였다.

경사별, 속도별 전경골근 이동거리 결과 전방경사 시 3km/h 보행에서 39.9±0.9cm로 가장 크게 나타났으며 유의한 결과를 보였다. 전방경사 시 보행 속도 증가에 따라 근육활성도는 9% 정도 증가하는 경향을 보였고 경사에 따라 하퇴부의 근육활성은 3% 이내로 유사하지만 대퇴부의 경우 17% 유의하게 증가하는 근육 활성도를 보였다. 후방경사 시 속도가 빠를수록 하지의 근육활성도 수준이 전체적으로 유의하게 증가하는 경향을 보이고 있으며 경사각도가 오를수록 하퇴부 근육이 대퇴부 보다 더 많은 근육활성을 보였다. 이는 경사보행 시 슬관절 변위 정도에 따른 보행의지 파악 위한 인체생리신호를 뒷받침하는 결과라고 사료된다. 향후 슬관절의 경우 사용자에게 따라 높이가 다르기 때문에 IR센서를 이용한 슬관절 측정이 유용적으로 가능 하도록 하는 시스템을 구축에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] S.G. Kim, G.C. Yuk, and H.B. Gak, "Effects of Horse Riding Simulator and Ball Exercises on Balance of the Elderly," J. Phys. Ther. Sci., vol. 25, no. 11, pp. 1425-1428, 2013.
- [2] 이동광, 공정식, 고민수, 이용혁, "비평탄지형에서의 보행의지파악 센서 진동량 감쇠 알고리즘 개발," 한국지능시스템학회논문지, 제21권, 제1호, 한국지능시스템공학회, pp. 42-48, 2011.
- [3] 박세현, "지능형 휠체어를 위한 시선 인식 인터페이스 개발," 재활복지공학회논문지, 제5권, 제1호, 한국재활복지공학회, pp. 103-110, 2011.
- [4] 전성철, 서정희, 임희철, 이창형, 신용일, 정덕영, "전동휠체어 및 의료용스쿠터의 국내·외 안전성 평가기준 비교 분석 연구," 재활복지, 제16권, 제3호, 한국장애인재활협회, pp. 421-437, 2012.
- [5] 전성철, 서정희, 임희철, 임도형, 정경진, 이창형, 정덕영 "고령자 대상 일상생활 활동에 영향을 미치는 주요 근골격계 인자 도출을 위한 설문조사 연구," 재활복지, 제18권, 제1호, 한국장애인재활협회, pp. 397-409, 2014.
- [6] T. Tamura, M. Sekine, H. Kuno, M. Fujie, A. Mori and K. Andoh, "Evaluation of Walkers for Elderly People," in Proc. 23th Annual EMBS International Conference, Turkey, Istanbul, pp. 1391-1392. Oct. 2001.
- [7] A. Morris, R. Donamukkala, A. Kapuria, A.

Steinfeld, J.T. Matthews, J. Dunbar-Jacob, and S. Thrun, "A Robotic Walker That Provides Guidance," Int. Conf. on Robotics and Automation, Taipei, Taiwan, pp. 25-30. Sep. 2003.

[8] R. Thieffry, E. Monacelli, P. Henaff and S. Delaplace, "Configuring Sensors by User Learning for a Locomotion Aid Interface," Int. Conf. on Robotics and Automation, Taipei, Taiwan, pp. 1509-1514. Sep. 2003.

[9] O. Chuy, Y. Hirata, and K. Kosuge, "A New Control Approach for a Robotic Walking Support System in Adapting User Characteristics," IEEE Trans. Syst. Man. Cybern. vol. 36, no. 6, pp. 725-733, 2006.

[10] O. Chuy, Y. Hirata, Z. Wang and K. Kosuge, "Motion Control Algorithms for a New Intelligent Robotic Walker in Emulating Ambulatory Device Function," Int. Conf. on Mechatronics and Automation, Ontario, Canada, pp. 1509-1514. Jul. 2005.

[11] M. Tani, R. Suzuki, S. Furuya and N. Kobayashi, "Internal Model Control for Assisting Unit of Wheeled Walking Frame," Int. Conf. on Control Applications, Toronto, Canada, pp. 139-142. Aug. 2005.

[12] H. Kobayashi, T. Karato and S. Nakayama, "Emergence of Gait by an Active Walker," IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics, Tianjin, China, pp. 1035-1040. Dec. 2010.

[13] Y. Hirata, A. Hara and K. Kosuge, "Passive-type intelligent walking support system 'RT walker'," IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robot. Syst, Sendai, Japan, pp. 3871 - 3876. Sep. 2004.

[14] 이동광, 공정식, 고민수, 강성재, 이석민, 이응혁, "전동 보행보조기의 편의성 향상을 위한 제어기 설계," 재활복지공학회논문지, 제5권, 제1호, 한국재활복지공학회, pp. 17-25, 2011.

[15] 이원영, 엄수홍, 장문석, 권오상, 이응혁, "횡단경사면에서 지능형 보행보조로봇의 직진성 향상 방안 연구," 전자공학회논문지, 제50권, 제1호, 대한전자공학회, pp. 261-268, 2013.

[16] G. Lee, T. Ohnuma, and N.Y. Chong, "Design and control of JAIST active robotic walker," Intel. Serv. Robotics., vol. 3, no. 3, pp. 125-135, 2010.

[17] 공정식, 이동광, 남윤석, 이보희, 이응혁, "퍼지 알고리즘을 이용한 보행보조기의 최적화된 보행의지 파악 시스템," 한국지능시스템학회논문지, 제18권, 제5호, 한국지능시스템공학회, pp. 692-699, 2008.

[18] 이동광, 이재우, 장문석, 공정식, 이응혁, "보행보조기기 사용 편리성 증진을 위한 보행의지 파악 기법에 관한 연구," 한국재활복지공학회논문지, 제3권, 제1호, 한국재활복지공학회, pp. 7-13, 2009.

이 현 중



2014년 2월 전북대학교 바이오메디컬공학부 졸업(학사)
 2014년 - 현재 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정

관심분야 : 재활공학, 헬스케어

강 승 록



2010년 2월 전북대학교 생체정보공학부 졸업(학사)
 2011년 2월 전북대학교 헬스케어공학과(석사)
 2014년 8월 전북대학교 헬스케어공학과(박사)
 2014년 9월 - 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부(박사 후 연구원)

관심분야 : 생체역학, 운동생리학

유 창 호



2005년 2월 전북대학교 기계공학과 졸업(학사)
 2007년 2월 전북대학교 의용생체공학과 졸업(석사)
 2012년 3월 일본 동북대학교 의공학과 졸업(박사)
 2012년 4월 - 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수

관심분야 : 재활공학, 혈류역학, 생체역학, 헬스케어기기



권 대 규

1993년 2월 전북대학교 기계
공학과 졸업 (학사)

1995년 2월 전북대학교 기계
공학과 졸업 (석사)

1999년 2월 일본 동북대학교
기계전자공학과 졸업
(박사)

2004년 3월 - 현재 전북대학
교 바이오메디컬공학
부 교수

관심분야 : 바이오메카트로닉스, 재활공학,
생체역학, 웰니스, 스포츠과학