

고주파 통증치료기를 이용한 재활 치료에 대한 연구

조재현*, 이상용**, 이근용**, 윤세진**, 정하영***, 이상식*

A Study on Rehabilitation Treatment Using Radiofrequency Treatment

Jae-Hyun Jo*, Sang-Yong Lee**, Geun-Yong Lee**, Se-Jin Yoon**,
Ha-Young Cheong***, Sang-Sik Lee*

요약 인체에 고주파 에너지를 가하면 진동 폭이 매우 짧아서 직류 전류 이용 시 발생하는 전해질 화상이 일어나지 않으며 이온분자, 분극분자 등이 초당 4만 번 이상 진동을 하면서 마찰열로 전환되어 심부열을 발생시켜 모세혈관의 혈류량은 휴식 시 보다 4~5배 증가하여 산소, 영양물질, 항체, 백혈구 등 공급의 증가한다. 또한 진동 폭과 맥동기간이 매우 짧아 전기 화학적 반응이 일어나지 않으며 감각신경과 운동신경을 자극하지 않는 물리적 인자치료 방법이다. 본 연구에서는 고주파통증치료기를 사용하여 젊은 정상 성인을 대상으로 등장성운동을 시키고, 등장성 운동 시 근전도 데이터를 측정하여 운동 신경 응답의 변화에 미치는 영향을 확인하여 재활치료 점목시키고자 하였다. 윗팔두갈래근의 등장성 운동을 실시할 때 발생하는 근전도 데이터와 운동 후 고주파통증치료기사용 후 측정된 근전도 데이터를 각각 RMS하여 t-검정을 통하여 검증 실시하였으며, 남녀 모두 t값, p값이 유의수준(<.05) 보다 작게 나와 유의한 차이가 있다는 것을 확인하였다.

Abstract When Radiofrequency energy is applied to the human body, the vibration width is very short. Therefore, the electrolyte burn generated when using the direct current does not occur. Ion molecules, polarized molecules, etc., vibrate more than 40,000 times per second, converting them into frictional heat to generate deep heat. The blood flow of capillaries increases 4-5 times more than at rest, increasing the supply of oxygen, nutrients, antibodies, and white blood cells. In addition, the electrochemical reaction does not occur because the vibration width and the pulsation period are very short. It is a physical factor treatment method that does not stimulate the sensory nerves and motor nerves. In this study, an isotonic exercise is performed in a young normal adult using a Radiofrequency pain treatment device. The purpose of this study is to integrate rehabilitation therapy by measuring electromyography data during isotonic exercise and confirming the effect on changes in motor neuron response. The EMG data generated when isotonic exercise of the forearm biceps muscle and the EMG data measured after the use of a Radiofrequency pain treatment device after exercise were RMS, respectively, and verified through t-test. It was confirmed that there was a significant difference in both men and women because the t-value was smaller than the significance level p (<.05).

Key Words : EMG, Isotonic Movement, Motor Nerve, Radiofrequency treatment, Upper Biceps

This paper is based on the support of the Korea Agency for Industrial Technology Promotion's Economic Cooperation and Development project. (P0004683)

*Corresponding Author: Department of Bio-medical Engineering, Catholic Kwandong University (lsskyj@cku.ac.kr)

**Remed Co., Ltd.

***Kyonggi university graduate school

Received June 11, 2020

Revised June 21, 2020

Accepted June 21, 2020

1. 서론

운동신경(motor nerve)이라 하는 것은 운동 등의 행위를 위해 사람이 반응하여 움직이게 하며 중추에서 보낸 운동 명령을 뼈대근육(골격근)에 전달하는 신경을 말한다[1, 2]. 뼈대근육을 수축하며 운동을 위해서는 최소 두개 이상의 운동신경이 필요하다. 대뇌겉질(이마엽, frontal lobe)에서 시작되는 신경세포로 상위운동신경세포(upper motor neuron : UMN), 뇌신경운동핵과 척수앞뿔세포에서 시작하여 뼈대근육으로 내려가는 신경세포로 하위운동신경세포(lower motor neuron : LMN)라 불리는 두 개의 세포가 필요로 하다.[3, 4]. 상위운동신경세포와 하위운동신경세포는 연접을 통해 팔과 다리를 굽히거나 펴서 몸을 자유롭게 움직일 수 있게 된다. 기본적인 운동신경의 동작원리는 이와 같지만 이것만으로는 몸이 움직이지 않고 두 개 이상의 근육의 연합 작용을 통해 몸이 움직이게 된다[5~7].

위팔두갈래근의 수축과 동시에 위팔세갈래근의 이완을 하게 되면 팔꿈치가 굽혀지게 된다. 양쪽이 같은 길이만큼 같은 타이밍으로 수축 이완 되지 않으면 팔꿈치는 너무 많이 움직이거나 움직임이 원활하지 못해 굽히는 것이 불가능해진다. 따라서 운동을 자동적으로 원활하게 이루어지기 위해 추체외로계(extrapyramidal system)가 존재한다.[8, 9]



그림 1. 팔꿈치 굽힘의 근육 운동
Fig. 1. Muscle exercise of elbow bending

추체외로는 대뇌겉질에서 온 명령은 소뇌와 바닥핵을 거쳐 다시 대뇌겉질로 되돌아온다. 이러한 추체외로계에 의한 조절을 거쳐 하위운동신경세포를 통해 뼈대근육으로 전달되어 근육이 움직여 몸이 움직이게 된다[10~12]. 그리고 감각기관을 통해 제시된 자극에 대하여 반응이 나타날 때까지의 소요시간을 반응시간이라 하며 반응시간을 활용하여 운동수행을 위한 정보처리 효율성을 평가할 수 있다[13].

인체에 고주파 에너지를 가하면 진동 폭이 매우 짧아서 직류 전류 이용 시 발생하는 전해질 화상이 일어나지 않는다. 이온분자, 분극분자 등이 초당 4만 번 이상 진동을 하면서 마찰열로 전환되어 심부열을 발생시켜 모세혈관의 혈류량은 휴식 시 보다 4~5배 증가하여 산소, 영양물질, 항체, 백혈구 등 공급의 증가함을 이용하여 피부 미용 및 비만 치료의 목적으로 사용되어 왔다. 또한 진동 폭과 맥동기간이 매우 짧아 전기화학적 반응이 일어나지 않으며 감각신경과 운동신경을 자극하지 않아 저주파 치료의 단점을 해결하는 물리적 인자치료 방법이다[14~19].

근 피로란 근 장력을 유지할 수 있는 능력의 손실을 말하며, 근 피로도 측정을 통해 개인의 맞는 자극 강도 선정을 할 수 있으며, 치료 근육 부위의 운동역량을 측정하는 척도와 직접적인 관계를 가진다. 정적인 근육의 수축의 유지와 동적으로 수축하는 동안 각 운동단위의 힘은 감소하지만 그 힘의 유지를 위해 각 운동단위들이 보충되기 때문에 표면 근전도의 크기는 증가한다. 또한 근 피로가 표면 근전도에 영향을 미치며 근지구력 시간과의 상관성이 있다[20~26]. 따라서 본 연구에서는 고주파통증치료를 사용하여 젊은 정상 성인을 대상으로 등장성운동을 시키고, 등장성 운동 시 근전도 데이터를 측정하여 운동신경 응답의 변화에 미치는 영향을 확인하여 재활치료 점목시키고자 한다.

2. 연구방법

2.1 고주파 통증치료기

환자의 안전을 위해 절연거리 확보 및 과전류 보호 기능이 있는 Surge Protector 회로를 추가하여 설계되었고, 생체에 고주파 전류를 흘려보내게 되면 생체

에 넓은 접촉면적으로 장착되는 대극판과 활성전극 (RET, 다채널 전극)을 쌍으로 하여 고주파 전류가 통하게 되고 인체 내부에 심부열을 발생시켜서 통증을 치료하는 고주파통증치료를 사용하였다.



그림 2. 고주파통증치료기
Fig. 2. Radiofrequency treatment device

2.2 연구대상

본 연구에 참여한 피검자는 강원도 OO대학교 재학 중인 학생들로 근골격계의 질환이 없는 성인남녀 25 명을 대상으로 실험을 진행하였다. 피검자들에게 실험의 목적과 과정을 충분히 설명을 하고 안전하게 진행 하였으며 피검자의 정보는 다음과 같다.

표 1. 피검자의 신체 정보(여)
Table 1. Subject's body information(female)

n=10			
	키	몸무게	나이
평균	164.7	55.6	23.1
표준편차	5.397	5.190	1.101
범위	156-173	48-63	22-25

표 2. 피검자의 신체 정보(남)
Table 2. Subject's body information(male)

n=15			
	키	몸무게	나이
평균	173.4667	70.46667	24.7333
표준편차	5.111	6.368	0.458
범위	168-186	61-82	24-25

2.3 연구방법

평상시 많이 사용하는 근육인 위팔두갈래근을 선정 하였다. 이 근육은 위팔의 앞면에 존재하여 어깨와 아래팔을 잇고 있으며 아래팔이 뒤집 상태일 때 아래팔

의 굽힘 근육으로 작용한다. 또한 어깨관절의 탈구를 방지하는 역할을 하고 있다. 또한 근육피부신경의 지배를 받고 있기 때문에 운동신경 유발응답을 확인하기 적합하다고 판단하고 선정하였다.

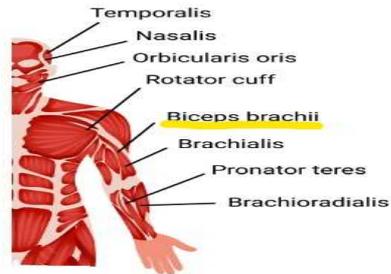


그림 3. 위팔두갈래근
Fig. 3. biceps Brachii

아령을 이용하여 피검자에게 위팔두갈래근의 반복적인 등장성 운동을 시행하였다. 등장성 운동은 힘은 변함이 없고 오직 근육의 길이가 변화되는 운동으로 2가지의 근 수축 형태에 따라 단축성 수축(Concentric Contraction)과 신장성 수축(Eccentric Contraction)으로 재분류 할 수 있다. 단축성 수축은 말 그대로 근육의 길이가 짧아지면 힘이 발생하는 것을 말한다. 신장성 수축은 근육의 길이가 길어지면서 힘이 발생하는 것을 하고 있는 형태이다. 쉽게 말해 위팔두갈래근 운동 시 단축성 수축은 팔을 접어 올리는 동작에서 근육의 길이가 짧아지는 근육 수축이고 신장성 수축은 팔을 제자리로 원위치 시키는 동작에서 근육의 길이가 늘어나는 근육의 이완하는 것을 생각하면 된다.

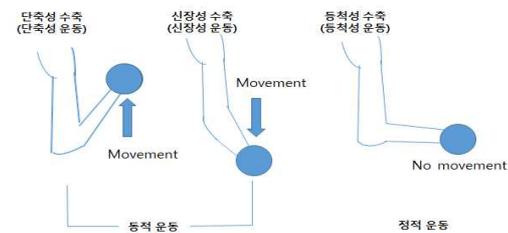


그림 4. 아령을 이용한 등장성 운동의 근육 수축
Fig. 4. Muscle contraction of isotonic exercise using dumbbell

실험의 정확한 진행을 위하여 피부 저항을 줄이고 이물질 제거를 위해 알콜솜으로 피부 표면을 정리하고 피부를 건조시키고 전극의 중심을 기준으로 2cm의 거리를 두고 전극을 대상근육에 올바르게 부착을 하고 아령을 이용한 등장성 운동을 통해서 실험을 진행하였다. 피검자의 근전도의 진폭정보인 RMS값은 피검자의 나이, 성별, 근육단면의 크기, 피부두께 등의 피검자의 개별성에 의해서 영향을 받기 때문에 이러한 불필요한 영향을 최대한 통제하는 기술인 정규화(Normalization) 과정을 거쳐야한다. 정규화 과정에는 MVIC(Maximum Voluntary Isometric Contraction)와 RVC(Reference Voluntary Contraction)가 있는데 특정 동작을 취할 때의 RMS 값을 기준으로 삼는 RVC 방법을 이용하였다. 피검자의 위팔두갈래근의 근활성도 분석을 위해 아령을 이용해서 등장성 운동을 진행하고 피로도를 줄이기 위해 10분간 충분한 휴식을 취한 다음 진행하였다. 등장성 운동은 아령을 손에 쥐고 팔꿈치를 고정하고 팔을 안쪽으로 굽히면서 진행을 하고, 1Kg의 무게로 측정하였고 30초 동안 1회/2sec의 속도로 등장성운동을 하였다. 고주파통증치료기의 운동신경 유발응답을 확인하기 위해 처음에는 등장성운동을 하면서 근전도만 측정을 하고, 충분한 휴식 후에 등장성운동을 진행과 동시에 고주파통증치료를 받으며 근전도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 실험데이터 측정

남자 15명과 여자 10명의 총 25명의 피검자에게 위팔두갈래근을 아령을 이용하여 등장성 운동을 진행과 동시에 근전도를 측정하고 충분한 휴식 후 다시 등장성운동을 진행하여 고주파통증치료를 사용하면서 근전도를 측정하여서 데이터를 획득하였다.

3.2 평균 분석을 통한 분석

근전도를 통해 얻은 고주파통증치료기의 전, 후 RMS 데이터를 분석한 값과 신체정보의 데이터를 분석하여 아래 표와 같이 정리하였다. 그리고 고주파통증치료기 전, 후의 RMS 데이터를 t-검정을 한 결과도

아래 표와 같다

표 3. 남녀 t-검정 결과 비교

Table 3. Comparison of male and female t-test results

		남자	여자
고주파통증치료 전	평균	1.6512	1.6480
	표준편차	0.0043	0.0035
고주파통증치료 후	평균	1.6759	1.6611
	표준편차	0.0148	0.0094
t		-9.66320583	-6.00769227
p		7.82758E-08	0.000200599

t-검정을 통해 남자 데이터를 확인한 결과 t값이 9.663205833, p값이 7.82758E-08으로 나오며 유의수준 $\alpha < 0.05$ 보다 작게 나와서 유의한 차이가 있는 것으로 판단된다. t-검정을 통해 남자 데이터를 확인한 결과 t값이 6.007692268, p값이 0.000200599로 나오며 유의수준 $\alpha < 0.05$ 보다 작게 나와서 유의한 차이가 있는 것으로 판단된다.

3.4 성별 경향분석

고주파치료기의 전, 후의 근전도 데이터를 RMS 값을 남녀 성별에 따른 차이점을 데이터를 분석하였다. 고주파통증치료 전의 값은 크게 차이가 적지만 고주파통증치료 후에는 남자가 여자보다 더 크게 증가한 것을 확인할 수 있다.

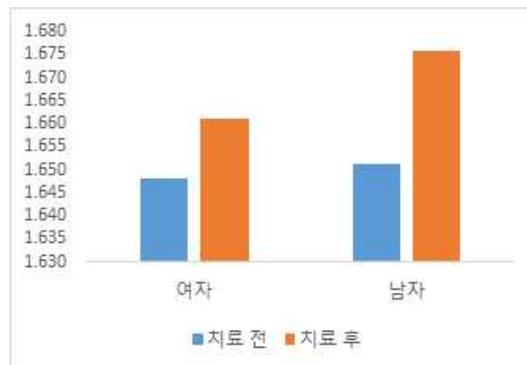


그림 5. 남녀별 RMS 평균 분석

Fig. 5. Analysis graph of RMS data average by gender

3.5 고찰

본 연구에서는 근골격계의 질환이 없는 일반인들을 대상으로 위팔두갈래근을 아령을 이용한 등장성운동을 하면서 근전도를 측정하고 충분한 휴식을 취한 후에 다시 아령을 이용한 등장성 운동을 하면서 고주파 통증치료기를 사용하면서 근전도를 측정하고 비교하였다. 이를 통해서 통증치료기를 사용하면서 근전도를 측정한 경우에 RMS 값이 유의하게 증가한 것을 확인할 수 있었다. 고주파통증치료기는 내부 조직의 저항을 증가시켜서 온도를 상승시켜서 면역력을 향상과 세포조직의 활성화를 통한 대사과정을 증진시킨다. 이러한 과정에서 발생한 근전도 데이터가 차이가 있었고 비교결과 유의차가 있다는 결과가 나온 것으로 생각된다. 본 연구의 결과를 활용하면 재활치료의 효과 상승에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론

감각기관을 통해 제시된 자극에 대하여 반응이 나타날 때까지의 소요시간을 반응시간이라 하며 반응시간을 활용하여 운동수행을 위한 정보처리의 효율성을 평가할 수 있다. 근육의 수축 시 각 운동단위의 힘은 감소하지만 유지하기 위해 각 운동단위들이 보충되기 때문에 표면 근전도의 크기는 증가한다. 남자 15명과 여자 10명의 총 25명의 피검자에게 위팔두갈래근을 아령을 이용하여 등장성 운동을 진행과 동시에 근전도를 측정하고 충분한 휴식 후 다시 등장성운동을 진행하여 고주파통증치료기를 사용하면서 근전도를 측정하여 데이터를 획득하였다. 측정한 데이터의 RMS값을 t-검정을 통해 비교하였다. 그 결과 남녀 모두 t값이 유의수준 p값이 보다 작게 나오며 유의한 차이가 있다는 것으로 확인하였다. 본 연구를 통해 일반인들의 치료 전, 후의 차이가 유의미한 것을 확인하였다 그렇기 때문에 고주파통증치료기를 사용하면 운동신경 유발 응답시간을 감소시켜 재활치료 효과를 상승시킬 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

[1] Barker AT, Freeston IL, Jalinous R, Jarratt JA

- (1987). Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system: an introduction and the results of an initial clinical evaluation. *Neurosurgery* 20, 100-109.
- [2] Seung-yeol Kim. "Effects of changes in the upper central and spinal motor nerves on exercise execution and control according to the performance of the Go/Nogo task." *Exercise Science* 23.1 (2014): 13-22.
- [3] Park Hae-jung. "Senior Internal Medicine Symposium _ Common problems in the elderly: Management of chronic pain." *Korean Institute of Internal Medicine Fall Conference 2013.2* (2013): 206-207.
- [4] Geunjo Kim, et al. "The effect of natural healing, transdermal nerve stimulation treatment and cold treatment on pain, muscle strength and muscle activity of gastrocephalus muscles with delayed muscle pain." *Journal of the Korean Academic-Industrial Technology Society* 10.12 (2009): 3902-390
- [5] Hong Chan, Jong-Yeol Kim, and Seo Jeong-kyu. "A follow-up study of exercise potential test in patients with acute ischemic stroke." *Korean Journal of Neuroscience* 17.5 (1999): 631-636.
- [6] Young-ho Kim, Ki-sik Tae, and Sung-jae Song. "Evaluation of upper extremity motor function after brain injury: clinical evaluation and analysis of motor response EMG." *Korean Journal of Professional Physiotherapy* 12.1 (2005): 91-99.
- [7] Jaeheung Cho, Jongsu Lee, and Sungsoo Kim. "A study on the clinical use of transmuscular electromyography." *Korean Journal of Oriental Rehabilitation Medicine* 15.4 (2005).
- [8] Ji-gu Lee, Moon-hwan Lee, Myeong-kwon Kim, Hye-jin Jeon, & Chang-ryul Lee. Effects of CI technique of PNF on muscle activity, muscle fatigue and balance in hemiplegic patients. *Journal of the Korean Physical Therapy Society (JKPT)*, 21(3), 17-24. 2009
- [9] Arge, J.c, and Sliwa, J. A. "Neuromuscular rehabilitation and electrodiagnosis. 4.

- Specialized neuropathy", *Arch Phys Med Rehabil* 31, 2000, pp 109-117.
- [10] Engholm, G., & Holmström, E. Dose-response associations between musculoskeletal disorders and physical and psychosocial factors among construction workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 57-67. 2005
- [11] Oh, Eung-Seok, et al. "A study of high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for gait freezing and non-motor symptoms in Parkinson's disease." *J Korean Neurol Assoc* 33.4 (2015): 297-305.
- [12] Jeong Kyung-hye, and Lee Soon-hwa. "The effect of high frequency surgery and exercise therapy on abdominal obesity in the 20s." *Korean Journal of Skin and Beauty* 8.3 (2010): 135-144.
- [13] J. H. Lee. (1992). *Electrical therapy*. Seoul IDeaHakSeolim,
- [14] S. O. Kang. (2005). RF Diathermy effect in the slimming body shaping treatment program for obese adult women. MS. thesis, Sungshin Women's University, Seoul.
- [15] E. J. Jung. (2006). The effects of high frequency therapy on abdomen circumference changes of adult women obesity, MS. thesis, ChungAng University, Seoul.
- [16] Lee Kang-yeon, et al. "A study on capacitive-induction current hybrid topology for high-frequency therapy." *Korean Institute of Electrical Engineers Conference* (2017): 954-955.
- [17] Kwon Gung, Kim Chan-moon, and Park Shin-jun. "The effect of high-frequency therapy through the hands of a physiotherapist on the pain and disability index of chronic low back pain patients." *Journal of the Korean Convergence Society* 9.2 (2018): 289-294.
- [18] Chul-Won Park, and Chul-Hee Won. "High-frequency circuit design for feedback control according to fluctuations in the human body load for the pain relief treatment device." *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers P* 62.1 (2013): 45-49.
- [19] Kyung-Wook Jang, et al. "Frequency variable design of personal high-frequency electric stimulator and analysis of output characteristics." *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers P* 65.1 (2016): 25-30.
- [20] Bigland-Ritchie B, Cafarelli E, Vollestad.(1986). Fatigue of sub maximal static contractions. *Acta Physiol Scand Suppl*, 556, 137-148.
- [21] Sang Sik Lee, Ki Young Lee. (2011). Research Articles : Information Processing and Interdisciplinary Technology ; A Study on Low Frequency Band Selection as a Fatigue Parameter in Surface EMG during Isotonic Exercise of Biceps Brachii Muscle. *Journal of biocystems Engineering*, 36(4), 285-289.
- [22] A.B.Ritter, et al., *Biomedical Engineering Principles*, Taylor & Francis, 2005.
- [23] Jeong, Ju-Young, Lee, Sang-Sik. (2015). Prediction Model of Endurance Time to Isotonic Contraction Exercise for Biceps Brachii using Multiple Regression Analysis with Personal Factors and Anthropometric Data. *Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, 8(2), 178-186.
- [24] Lowery, M., P. O. Nolan and M. Malley. 2002. Electromyogram median frequency, spectral compression and muscle fibre conduction velocity during sustained sub-maximal contraction of the brachioradialis muscle, *Journal Electromyography and Kinesiology* 12(2):111-118.
- [25] Jung Yong Kim, Ji Soo Park, Young Jin Cho. (2010). Biomechanical Measuring Techniques for Evaluation of Workload. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(4), 445-453.
- [26] Geun-Yong Lee, Su-Hwan Kim, Jae-Hyun Jo, Se-Jin Yoon, Sang-Sik Lee. (2019) Establishing EMG Measurement System for Measurement of Motor Nerve Response in Transcranial Magnetic Stimulation of Korea *Information Electron Communication Technology*

저자약력

조 재 현 (Jae-Hyun Jo) [정회원]



- 2015년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업 (학사)
- 2017년 2월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업 (공학석사)
- 현재: 가톨릭관동대학교 일반대학원 의료공학과 박사과정

<관심분야>

의용메카트로닉스, 디지털 신호처리, 영상처리,

이 근 용 (Geun-yong Lee) [일반회원]



- 1991년 2월 : (주)휴니드테크놀로지 연구소
- 1998년 5월 : (주)메리디안 연구소
- 1999년10월 : (주)메디코아 연구소
- 2003~현재: (주)리메드 (현)대표이사

<관심분야>

뇌파, 근전도, u-Health

윤 세 진 (Sejin Yoon) [일반회원]



- 1997년 2월 : 인제대학교 의용공학과 학사
- 1999년 2월 : 인제대학교 의용공학과 석사
- 2007년 2월 : 인제대학교 의용공학과 박사
- 2005~현재:(주)리메드 연구소부소장

<관심분야>

rTMS, Electromagnetic, Electro Medical device

정 하 영 (Ha-Young Cheong) [종신회원]



- 1984년 2월 : 경기대학교 산업공학과 (공학사)
- 2010년 8월 : 가톨릭관동대학교 전자통신공학과 (공학박사)

<관심분야>

실시간 인식 및 추적 시스템

이 상 식 (Sang-Sik Lee) [종신회원]



- 1993-2000년 LG전선(주)
- 1996-2000년 성균관대학교 박사
- 2001-2004년 (주)미도테크
- 2004-2010년 성균관대학교 연구 교수
- 2011-현재 가톨릭관동대학교 의료 공학과 교수

<관심분야>

의용메카트로닉스, u-Health, 생체역학, 의용전기전자