

저주파 전기자극이 복부 중심근육 활성화 및 두께에 미치는 영향

The Effects of Low-Frequency Electrical Stimulation on Abdominal Core Muscle Activity and Thickness

이현주*, 이주연**, 태기식***

H. J. Lee*, J. Y. Lee**, K. S. Tae***

요 약

복부 중심근육(core muscle)은 근골격계 및 신경계 환자의 재활에 있어 통증, 균형 및 상·하지의 기능적 움직임을 이끌어내는 데 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 복부 운동근(global muscle)인 배곧은근과 고정근(local muscle)인 배가로근, 배속빗근 및 배바깥빗근의 두께 및 근력을 증가시킬 목적으로 저주파 전기자극기를 개발하였다. 연구대상자는 20대 여성 15명으로, 대조군과 실험군(기존제품 사용군 및 개발제품 사용군)으로 나뉘었다. 실험군에서는 저주파 전기자극을 4주 동안 주 4회, 30분씩 시행한 후 근전도 및 초음파 검사를 하였다. 연구 결과, 대조군, 기존제품 사용군, 개발제품 사용군의 세 군 중 개발제품 사용군에서 배곧은근의 근활성도가 의미있게 증가하였다($p<.05$). 초음파로 측정된 근육 두께 변화율에서는 기존제품 사용군에서는 배가로근이, 개발제품 사용군에서는 배가로근과 배바깥빗근이 모두 유의하게 증가하였다($p<.05$). 본 연구 결과를 통해 심각한 중추신경계 손상으로 인해 자발적인 근수축이 어렵거나 허리 수술 후 재활운동의 시작단계를 위해 근거 중심의 선택적 저주파 전기자극은 효과적인 중재방법의 하나로써 활용가치가 있다고 사료된다.

ABSTRACT

Core muscle is the most crucial for rehabilitation of patients with musculoskeletal and nervous problem, there is pain, imbalance and functional movement disorder of upper and lower extremities. In this study, low-frequency electrical stimulator was developed for the purpose increasing the activity of rectus abdominis (RA) and the thickness of transverse abdominis (TrA), internal obliquus abdominis (IO), and external obliquus abdominis (EO). Fifteen female in their 20's was divided into a experiment groups (traditional electrical stimulation group, developed electrical stimulation group) and control group. Low-frequency electrical stimulation was performed in experimental groups for 4 times a week, 4 weeks. The muscle activities (RA) by EMG and muscle thickness (TrA, IO, EO) by Ultrasonography imaging were measured, respectively. In the result, the muscle activity of RA and muscle thickness of TrA and EO were significantly increased at developed electrical stimulation group ($p<.05$). Therefore, the developed low-frequency electrical stimulation is useful for rehabilitation with CNS and PNS subjects.

Keyword : Core Muscle, Electrical Stimulation, EMG, Ultrasonography Imaging.

접 수 일 : 2013.12.02

심사완료일 : 2013.12.16

게재확정일 : 2013.12.20

* 이현주 : 건양대학교 물리치료학과 교수

leehj@konyang.ac.kr (주저자)

** 이주연 : 건양대학교 의료뷰티학과 교수

bonbon@konyang.ac.kr (공동저자)

***태기식 : 건양대학교 의공학부 교수

tae@konyang.ac.kr (교신저자)

1. 서론

복부의 중심근육(core muscle)은 인체의 모든 힘과 운동성이 발생하는 곳으로, 우리가 몸을 움직일 때마다 중심을 잡아주고 근 골격구조를 적절히 유지시켜 준다[1]. 몸의 중심이 되는 중심 근육의 불안정성은 근골격계 질환에서는 척추만곡을 변형시켜 굽은등(swayback), 척추의 과도한 앞굽음증(lordosis) 또는 매우 심한 척추 뒤굽음증(kyphosis)을 형성시킨다[2]. 또한, 앞굽음이 없거나 등을 편평하게(flat back) 만드는 등의 형태로 나타나게 된다. 몸통의 안정성 저하로 효과적인 호흡운동의 감소, 허리뼈에 대한 과도한 부하의 증가, 하지의 정렬 이상, 골반의 변형 등의 결과를 초래하며 종종 만성적인 허리통증의 원인이 된다[3]. 신경계 질환으로는 뇌졸중 또는 뇌성마비 환자에서 중심근육의 약화로 균형능력을 상실하여 자세를 유지하거나 서기와 걷기, 그리고 상·하지를 움직이기 위한 안정성을 제공하지 못하여 재활을 저해하는 요소로써 작용한다[2].

이러한 문제점으로 인해 중심 근육에 대한 다양한 중재방법이 개발되어져 왔다. 복부 근력강화 운동 중에는 스위스 불을 이용한 등척성 운동, 교각 운동, 복부 드로우 인 기법(ADIM: Abdominal Drawing-In Maneuver), Bracing 등이 있다. 스위스 불을 이용한 등척성 운동은 못갈래근, 배바깥빗근, 배가로근의 근활성도를 증가시키며 허리통증을 호소하는 환자들에게 가장 적절한 치료적 효과를 준다. 교각 운동은 배가로근, 배곧은근과 같은 체간 근육이 강화되며, 복압증가와 골반 안정성 훈련으로 적당하다[4]. Bracing 운동은 복부 근육들(abdominal muscles)을 동시에 수축시킨다[5]. Bracing을 하는 동안 배바깥빗근이 가장 활성화되었고, 상부 배가로근, 하부 배속빗근, 배곧은근은 적은 활성도를 보였다[6]. 그러나 이러한 운동들은 운동수행을 위한 환자들의 잔존 근력에 의존하며, 지속적인 능동수축을 위한 노력이 필요하기 때문에 종종 재활운동을 포기하게 만드는 이유가 된다.

잔존 근력이 결핍된 수술 후 환자나 신경계 손상 환자에게도 지속적으로 근수축이 가능하면서 근력을 증가시킬 수 있는 방법으로 전기자극 치료법이 있다. 임상적 적용방법에 따라 기능적전기자극(FES: Functional Electrical Stimulation), 신경근육전기자극(NMES: Neuromuscular Electrical Stimulation),

근육전기자극(EMS: Electrical Muscle Stimulation) 등이 있으며, 통증 완화, 근력 및 지구력 강화, 근육 재교육, 경직 완화, 순환 증진, 척추 옆굽음증 교정, 어깨 부분탈구 정복, 요·변실금 개선, 보장구 대치, 팔·다리기능 회복, 삼킴 곤란 개선 등 다양한 분야에서 전기자극이 활용되고 있다[7, 10]. 이 중 사고나 척수, 손상 또는 뇌졸중에 의해 사지나 체간에 운동기능의 장애를 가지고 있더라도 말초의 신경과 근육이 흥분성을 유지하고 있는 경우에는 적절한 전기자극을 가하는 것에 의해 상실한 운동기능을 재건할 수 있는 방법으로 기능적 전기자극 혹은 기능적 신경근육자극(FNS: Functional Neuromuscular Stimulation)이라고 불린다[7]. 또한 수술 후 말초신경 재생을 촉진하고 근위축을 막기 위한 치료로 치료적 전기자극(TES: Therapeutic Electrical Stimulation)이라고도 한다[8].

전기자극을 통한 근력 강화에 관한 선행연구로서 주파수, 진폭(amplitude)과 자극기간(duration), 단속비(on-off ratio)에 대한 의존성을 가지게 되는데[9, 10, 11], 특히 복부 안정화 운동을 위한 중심근육은 배가로근과 같은 고정근(local muscle)과 배곧은근 등의 운동근(global muscle)이 있어 전기자극 변수에 따라 근수축이 유발되는 부위(침투깊이)와 임상양상이 달라지게 된다. 일반적으로 저주파를 사용하는 경우 침투깊이가 매우 낮아 운동근의 수축에 한정되는 제한점이 있다.

본 연구에서는 복부근의 두께 및 근력 강화를 목적으로 개발한 저주파 전기자극을 4주간 시행하여 복부근육들의 활성화 및 두께 변화에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

2. 본론

2.1 저주파 전기자극기 개발

개발된 저주파 전기자극기는 근력 및 지구력 강화를 목적으로 주파수, 맥동기간, 단속비를 선택적으로 조정하여 개발하였다. 총 3가지 기능과 6가지 수축유형에 따라 주파수의 변조(modulation)가 이루어졌다. 전기자극 모드는 5회 반복하여 총 30분간 지속된다[11~17].

생리학적 기전을 고려한 주파수(pps), 맥동기간(duration), 단속비(on-off ratio)는 아래와 같다(표 1).

표 1. 근력 및 지구력 강화 전기자극 모드

기능	주파수	맥동기간	단속비
혈액순환	80 Hz	250 μ s	2:1(1분)
	50 Hz	240 μ s	2:1(1분)
근력강화	10~55 Hz	240 μ s	3:3(1분)
	60 Hz	260 μ s	2:1(1분)
지구력강화	35 Hz	340 μ s	2:1(1분)
	55 Hz	280 μ s	2:1(1분)

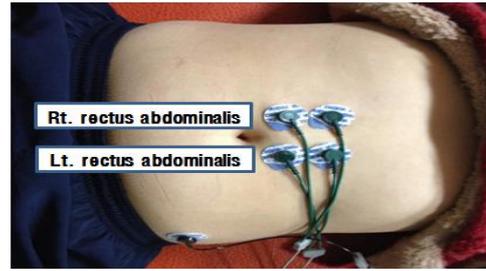


그림 1. 복부 근전도 측정을 위한 전극부착

2.2. 실험 대상

실험에는 총 15명의 여대생이 참가하였으며, 대조군, 기존제품 사용군 및 개발된 제품 사용군으로 각각 5명씩 나누어 실험이 진행되었다. 기존제품 사용군(A사 U제품)은 2~120 Hz, 단속비 2:1~4:1의 폭 넓은 저주파 대역을 사용하여 무작위 자동변조를 한 것이다.

표 2. 대상자의 일반적 특성 (N=15)

	나이(years)	키(cm)	몸무게(kg)
대조군	21.2±0.98	161.0±7.16	66.9±4.21
기존제품 사용군	21.5±1.12	165.3±2.95	74.5±2.86
개발제품 사용군	21.6±0.49	159.8±5.31	65.6±4.01

세 그룹 모두 전기 자극 이외의 조건에 의해 변화가 일어나지 않도록 운동을 제한하여 실험의 정확성을 높였으며, 이는 사전에 공지하고 각 코디네이터에 의해 관리되었다. 대상자의 일반적 특성은 표 2와 같다.

2.3. 실험 방법

복부 전기자극은 주 4회, 1일 30분 동안 진행되었다. 각 측정값의 변화를 관찰하기 위하여 중재 전과 중재기간 동안의 2주, 중재 종료시점인 4주 후에 측정을 하였다. 측정값은 3회 반복하여 평균값을 취하였다. 저주파 전기 자극기가 복부의 근활성도 및 근두께변화에 미치는 영향을 검증하기 위해 근전도와 초음파를 이용하였다.

2.3.1 근전도 (EMG)

본 실험에서 복부 근육의 근활성도 변화를 관찰하기 위하여 근전도(Myosystem 1200, Noraxon Inc., USA)를 사용하였으며, 운동근인 배곧은근(RA; rectus abdominis)에 전극을 부착한 후 근전도를 측정하였다(그림 1).

배곧은근의 근활성도 측정값을 정량화하기 위해 최대 수의적 등척성 수축 (MVIC: Maximal Voluntary Isometric Contraction)을 하였는데, 도수 근력 측정(MMT: manual muscle test)으로 최대 근수축을 유도하기 위해 상체를 45°만큼 들어올려 5초간 유지한 후 다시 바로 누운 자세에서 측정하였다.

특정동작에서의 MVC 비율을 측정하기 위해서는 상체를 어깨뼈 까지만 들어올려 5초간 유지, 5초간 휴식의 5회 반복 평균값을 취하였고, 특정 동작의 근수축을 기준(reference voluntary contraction: RVC)으로 하여 표준화하는 %RVC 방법을 사용하였다.

$$RVC(\%) = \frac{task}{MVC} \times 100 \quad (1)$$

근전도 신호의 주파수 대역폭 범위는 20~500 Hz로 정의하였으며, 표본 주파수 (sampling rate) 1000 Hz, 대역 통과 필터 (band pass filter) 15~500 Hz, 그리고 리젝트 필터 (rejector filter)는 60 Hz이었다. 근전도 신호처리와 저장, 분석은 MyoResearch XP Mater 1.06 (Noraxon Inc., USA)를 이용하였다.

2.3.2 초음파 (Ultrasonography Imaging)

4주간의 복부 저주파 전기자극 이후 근육의 두께를 측정하기 위하여 초음파 영상장치 (LOGIQ Book XP, GE, USA)와 6 MHz 선형 푸르브(probe)를 사용하였다(그림 2). 초음파 영상 측정을 위해 초음파 젤을 피부 위에 바른 후, 우측 몸통 측면의 액와선(axillary line)을 중심으로 12번째 갈비뼈와 엉덩뼈능선(iliac crest) 중간 지점에서 전방으로 2.5 cm 부위에 탐촉자의 중앙이 닿도록 위치시켰다. 초음파 영상 화면에서 배가로근(TrA: transverse abdominis)과 등허리근막(thoracolumbar fascia)이 만나는 근막 접합부위(muscle fascia-junction)로부터 2.5 cm 떨어진 지점에서 수직선을 그어 배가로

근, 배속빗근(IO: internal obliquus abdominis), 배바깥빗근(EO: external obliquus abdominis)를 측정하였다[19].

휴식 상태(rest)와 근활성 상태(active)에서 측정한 후, 대상자간 그리고 근육의 두께 변화량 비교를 위해 수식(2)와 같이 표준화를 실시하였다[19, 20].

$$\text{Normalized thickness}(\%) = \frac{(\text{active} - \text{rest})}{\text{rest}} \times 100 \quad (2)$$

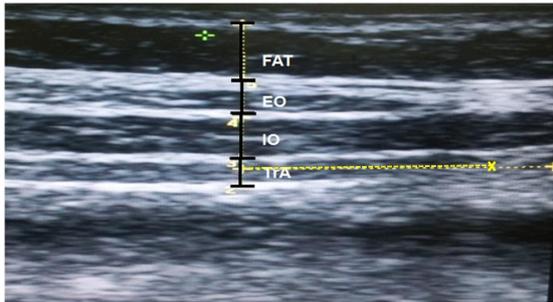


그림 2. 초음파 측정 근육부위

2.4. 실험 방법

본 연구에 얻어진 자료의 분석을 위해 통계분석 프로그램인 SPSS(SPSS 16.0, Chicago, USA)를 사용하였으며, 4주간의 그룹별 종속변인의 차이 및 관리 전후 간의 유의성을 검증하기 위하여 repeated measure ANOVA를 사용하였으며, 유의수준은 $p < 0.05$ 으로 하였다.

3. 결과

3.1. 복부 근활성도 변화

근전도를 통해 측정된 배곧은근의 근활성도 변화에서, 대조군은 4주 후 근활성도가 감소하였고 기존 제품 사용군에서는 의미있는 근활성도 증가를 보이지 않았다. 반면 개발제품 사용군에서는 84.45±9.60%에서 95.58±1.81%로 11.13%의 유의한 증가를 보였다($p < .05$), (표 3).

표 3. 4주간의 배곧은근 근 활성도 변화 (%)

	전기자극 전	2주차	4주차
대조군	85.94±7.24	86.19±8.42	84.18±4.59
기존제품 사용군	81.71±15.51	84.21±11.66	84.69±15.79
개발제품 사용군	84.45±9.60	92.39±5.94	95.58±1.81*

* $p < .05$

3.2. 근 두께 변화

초음파를 통해 측정된 전기자극 전, 2주 및 4주 후의 복부근 두께 변화율에서, 대조군에서는 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근의 변화를 볼 수 없었다. 반면 기존제품 사용군에서는 배가로근이, 개발제품 사용군에서는 배가로근과 배바깥빗근의 의미있는 근 두께 변화율의 증가를 보였다($p < .05$), (표 4).

표 4. 대조군의 4주간의 근 두께 변화율 (%)

근육	전기자극 전	2주차	4주차	
TrA ^a	대조군	34.23±21.87	31.70±17.08	32.05±16.40
	기존제품 사용군	41.92±22.62	57.39±28.57	66.76±29.54*
	개발제품 사용군	63.90±11.79	78.13±12.10	81.47±15.33*
IO ^b	대조군	24.92±21.25	25.27±8.73	17.26±13.72
	기존제품 사용군	17.77±11.93	13.28±8.00	15.85±10.10
	개발제품 사용군	19.12±16.77	32.57±19.02	30.27±14.55
EO ^c	대조군	10.93±7.63	15.88±13.65	15.59±17.28
	기존제품 사용군	7.69±4.13	4.28±2.04	5.84±3.99
	개발제품 사용군	6.81±4.00	15.16±8.83	15.24±5.32*

^a 배가로근, ^b 배속빗근, ^c 배바깥빗근

* $p < .05$

4. 고찰

몸의 중심이 되는 중심 근육의 불안정성은 중추신경계 환자의 균형능력 상실뿐만 아니라, 자세유지 및 보행, 그리고 상·하지의 기능적인 움직임에 저해하게 된다. 또한 일반적인 윗몸일으키기나 웨이트 트레이닝으로 이루어지는 복부운동근육(global muscle) 운동과는 달리 쉽게 근력이 증가되지 않을 뿐만 아니라, 그 기간도 4~6주 이상의 기간이 소요된다[21].

하지만 심각한 중추신경계 환자의 경우 자발적인 근수축의 학습이 이루어지지 않았을 뿐만 아니라 마비의 정도에 따라 올바른 근력운동을 수행하기 어렵게 된다.

때문에 초기 재활에 있어 복부근력 운동을 위해 전기자극을 하는 것은 매우 유용할 뿐만 아니라, 재활기간을 단축시키는데 큰 도움이 될 것으로 보인다.

그러나 전기자극기의 주파수와 패턴에 따라 그 개선 효과가 달라질 수 있으며 이들의 효과를 검증하

기 위한 객관적인 지표 및 방법들이 부족한 상태로, 현재는 강력한 대근육 수축 또는 역동적인 수축 느낌을 토대로 한 전기자극기가 대부분이다.

따라서 본 연구에서는 기존 연구 고찰 및 생리학 적 기전을 토대로 한 저주파 자극 패턴을 개발하였다. 또한 그 효과를 검증하기 위한 기초자료를 객관 적이고 과학적인 방법으로 확보하고자 근전도 및 초음파 영상진단검사를 하였다[20].

본 연구에서 개발된 복부 전기자극기를 활용한 4 주간의 실험에서 배곧근의 높은 근활성도를 보였다. 또한 초음파로 측정된 근육의 두께 변화에서 개발제품군에서 배가로근과 배바깥근이 유의하게 증가 하였다. 배가로근은 복부의 근육 중 가장 깊은 곳에 위치하여 몸통을 감싸고 있는 근육으로, 몸통 의 안정화 역할을 하기 때문에 코르셋(corset muscle)이라고 한다[11]. 이 근육은 몸통의 안정화 및 통증, 그리고 상·하지의 기능적 움직임의 최초 활성화 근육으로 중요한 반면, 일반적인 운동으로는 근력강화 시키기 매우 어려워 중도에 재활을 포기 하는 경우가 많다. 그러나 근수축 능력이 부족하거나 운동학습이 이루어지지 않은 신경계 환자를 위한 재활방법의 하나로써 근거중심의 전기자극 중재 방법을 채택한다면, 환자가 재활의지를 포기하지 않고 훈련을 진행할 수 있도록 도움이 될 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 20대 여대생 15명을 대상으로 4주 간의 지속적인 저주파 전기자극이 복부 근활성도와 두께에 미치는 영향을 확인하였다.

연구결과, 대조군, 기존제품 사용군, 개발제품 사용군의 세 군 중 개발제품 사용군에서 배곧근의 근활성도가 의미있게 증가하였다($p < .05$). 초음파로 측정된 근육 두께 변화율에서는 기존제품 사용군에서는 배가로근이, 개발제품 사용군에서는 배가로근 과 배바깥근이 모두 유의하게 증가하였다($p < .05$).

복부근력의 약화로 몸통의 균형능력 저하를 보이는 중추신경계 환자나 허리 수술 후 재활운동을 위한 시작단계를 위해 근거 중심의 선택적 저주파 전기자극은 효과적인 중재방법의 하나로써 활용가치가 있다고 생각된다.

향후 자발적인 복부의 근수축이 어려운 신경계 또는 근골격계 환자를 대상으로 복부 전기자극이 복부근 두께와 근활성도, 그리고 기능적 움직임에 미치는 영향에 관한 연구를 함으로써 재활을 돕는

도구로서의 활용방안에 관한 연구가 필요하다고 여겨진다.

참 고 문 헌

- [1] Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise: Foundation and Techniques, Second Edition, F.A. Davis Company, 1996.
- [2] Richardson C, Hodges P, Hides J. Therapeutic Exercise for Lumbopelvic Stabilization. 2nd ed. Churchill Livingstone. 2004.
- [3] Neumann DA. Kinesiology of The Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation. 2nd ed. Mosby. St. Louis. 2010:155-167.
- [4] Mew R. Comparison of Changes in Abdominal Muscle Thickness between Standing and Crook Lying during Active Abdominal Hollowing using Ultrasound Imaging, Manual Therapy, 2009;14(6):690-5.
- [5] Drysdale CL. Surface Electromyographic Activity of the Abdominal Muscles during Pelvic-tilt and Abdominal-hollowing Exercises, Journal of Athletic Training, 2004;39(1):32-36.
- [6] Urquhart DM, Abdominal Muscle Recruitment during a Range of Voluntary Exercises, Manual Therapy, 2005;10(2):144-53.
- [7] 보건복지가족부, 질병관리본부 2008 국민건강통계-국민건강영양조사 제4기 2차년도. 2008
- [8] Longgobardi AG, Clelland JA, Jacson JR. Effects of Auricular Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Distal Extremity Pain: A Pilot Study. PHYS THER 1989; 69: 10-17
- [9] Wadsworth H, Chanmugan A. Electrophysical Agents in Physiotherapy. Marrickville, Australia, Science Press 1980; 347-372
- [10] 이재형 등. 최신 전기치료학. 대학서림. 2011.
- [11] Prentice WE, Quillen WS, Underwood F. Therapeutic Modalities in Rehabilitation. 4th ed. McGraw-Hill. 2005.
- [12] Walsh D, Liggett C, Baxter D, et al. A Double-blind Investigation of the Hypoalgesic Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation upon Experimentally Induced Ischaemic Pain. Pain. 1995;61(1):39-45.

[13] Smania N, Corato E, Fiaschi A, et al. Repetitive Magnetic Stimulation: A Novel Therapeutic Approach for Myofascial Pain Syndrome. J Neurol. 2005;252:307-14.

[14] Hendriks O, Horgan A. Ultra-reiz Current as an Adjunct to Standard Physiotherapy Treatment of the Acute Whiplash Patient. Physiotherapy Ireland. 1996;17(1):13-17.

[15] Hou CR, Tsai LC, Cheng KF, et al. Immediate Effects of Various Physical Therapeutic Modalities on Cervical Myofascial Pain and Trigger Point Sensitivity. Arch Phys Med Rehabil. 2002;83:1406-1414.

[16] Escortell-Mayor E, Riesgo-Fuertes R, Garrido-Elustondo S, et al. TEMA-TENS Group. Primary Care Randomized Clinical Trial: Manual Therapy Effectiveness in comparison with TENS in Patients with Neck Pain. Man Ther. 2011;16(1):66-73.

[17] Kroeling P, Gross A, Goldsmith CH, et al. Electrotherapy for Neck Pain. Cochrane Library. 2010;3:1-71.

[18] Mannion AF, Pulkovaski N, Gubler D, et al. Muscle Thickness Changes during Abdominal Hollowing: An Assessment of Between-day Measurement Error in Controls and Patients with Chronic Low Back Pain. Eur Spine J. 2008;17(4):495-501.

[19] Teyhen DS, Williamson JN, Carlson NH, et al. Ultrasound Characteristics of the Deep Abdominal Muscles During the Active Straight Leg Raise Test. Arch Phys Med Rehabil. 2009;90: 761-767.

[20] 강정현, 심재훈, 천승철. 정상인에서 5가지 체간 안정화 운동자세가 초음파 영상을 이용한 복부 근육 두께에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2012;19(3):1-10.

[21] Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins. 2006.



이 현 주

2000년 연세대학교 재활학과 졸업(학사)
 2002년 연세대학교 대학원 재활학과 졸업(석사)
 2004년 연세대학교 대학원 재활학과(박사수료)
 2010년 - 현재 건양대학교 물리치료학과 조교수

관심분야 : 노인 물리치료, 재활보조공학



이 주 연

1989년 덕성여자대학교 독어독문학과 졸업(학사)
 1997년 충남대학교 의류학과 (석사)
 2002년 충남대학교 의류학과 (박사)
 2002년 - 현재 건양대학교 의료뷰티학과 부교수

관심분야 : 의료뷰티, 코슈메슈티컬, 비만관리



태 기 석

1998년 건국대학교 의용생체공학과 졸업(학사)
 2000년 가톨릭대학교 대학원 의과학협동과정 졸업(석사)
 2006년 연세대학교 의공학협동과정 졸업(박사)
 2007년 - 현재 건양대학교 의공학부 부교수

관심분야 : 재활공학, 생체역학, 인체동작분석