

# 융복합기반 러시아안전류와 경피신경전기자극이 앞십자인대재건술 환자의 넓다리네갈래근의 통증, 근력, 기능에 미치는 효과

이덕재<sup>1\*</sup>, 심재훈<sup>1,2</sup>, 윤성익<sup>3</sup>, 박신준<sup>4</sup>

<sup>1</sup>백석대학교 보건복지대학원, <sup>2</sup>백석대학교 보건학부, <sup>3</sup>한양대학교 의료원, <sup>4</sup>강동대학교

## Effect of Convergence-Based Russian Current and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation at Quadriceps Muscles on Pain, Strength, and Performance in Persons with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Deok-Jae Lee<sup>1</sup>, Jae-Hun Shim<sup>1,2</sup>, Seung-Ic Yoon<sup>3</sup>, Shin-Jun Park<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Baekseok University

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, Division of Health Science, Baekseok University

<sup>3</sup>Dept. of Physical Therapy, Hanyang University Medical Center

<sup>4</sup>Dept. of Physical Therapy, Gangdong College

**요약** 본 연구는 앞십자인대 재건술 환자를 대상으로 융복합기반 러시아안전류와 경피신경전기자극을 적용하였을 때 통증, 근력 및 기능에 미치는 영향을 비교하고자 하였다. 본 연구는 앞십자인대 재건술 환자 40명(러시아안전류 적용군 20명, 경피신경전기자극 적용군 20명)을 대상으로 실시하였다. 두 군은 1회 20분, 주5회 4주 동안 각각의 전기중재를 실시하였고, 냉치료와 기기를 사용한 연속수동관절가동운동을 무릎관절주변에 각각 20분간 실시하였다. 치료적 중재의 영향을 알아보기 위하여, 본 연구는 중재 전후에 시각적 상사척도, 무릎 굽힘 및 폼 근력, 무릎상해와 관절염 결과지수, 한국판 다리 기능척도를 측정하였다. 두 군 모두 시각적 상사척도, 무릎 굽힘 및 폼 근력, 무릎상해와 관절염 결과지수, 한국판 다리 기능척도 점수에서 치료적 중재 이후에 통계학적으로 유의한 개선을 보여주었다. 또한, 러시아안전류 적용군은 경피신경전기자극 적용군보다 무릎 폼 근력과 한국판 다리 기능척도에서 중재 후 유의한 증가를 보였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 앞십자인대 재건술 환자에게 있어 두 중재 방법 모두 효과적인 개선을 보였지만, 러시아안전류가 경피신경전기자극보다 무릎근력과 다리기능을 개선하는데 더 효과적이라고 보고하며, 향후 임상에서 앞십자인대 재건술 환자의 재활에 러시아안전류의 적용에 긍정적인 이점이 있다고 제언하는 바이다.

• **주제어** : 앞십자인대, 러시아안전류, 경피신경전기자극, 무릎관절

**Abstract** The purpose of This study was to compare the effect of Convergence-Based russian current(RC) and transcutaneous electrical nerve stimulation(TENS) on pain, muscle strength, function of knee who had a surgical anterior cruciate ligament reconstruction(ACL). A total of 40 Participants divided into 2 groups, with ACLR, were assigned to russian current group(RCG) or transcutaneous electrical nerve stimulation group(TENSG). Both groups were measured by varieties of tests: visual analog scale(VAS), knee flexion & extension muscle strength, knee injury and osteoarthritis outcome score(KOOS), korean lower extremity functional scale(LEFS). Both groups has shown significant changes within the measurements of VAS, Knee Flexion & Extension muscle strength, KOOS and LEFS. The RCG had more significant increase within knee extension muscle strength, LEFS compared to TENSG. By studying this research, both interventions were effective to ACLR patients, moreover, RC was more effective for knee muscle strength and lower extremity function than the TENS.

• **Key Words** : Anterior cruciate ligament, Russian current, Transcutaneous electrical nerve stimulation, Knee joint.

\*Corresponding Author : 이덕재 (lee-duckjae@hanmail.net)

Received November 21, 2016

Revised December 5, 2016

Accepted January 20, 2017

Published January 28, 2017

## 1. 서론

앞십자인대(anterior cruciate ligament, ACL) 손상은 스포츠 활동 시 달리기(running)를 포함하는 특정 스포츠 선수에서 호발 하는 무릎 부상 중 하나로 남성보다 여성에서 발생 빈도가 높고 반달연골 손상(meniscus injury), 곁인대 손상(collateral ligament injury), 골절(fracture) 등 다른 구조물들과 동반 손상으로 출현하기도 한다[1]. 또한, 지면에 발바닥이 닿은 상태에서 무릎관절의 젖힘(hyperextension)이나 방향전환(shift direction) 및 착지(landing)시에 빠르게 손상되기 쉽다[2]. 앞십자인대 파열과 같은 심각한 손상의 경우 앞십자인대 재건술(anterior cruciate ligament reconstruction, ACLR)을 하지 않을 경우 관절면의 황폐(desolation)와 불안정성(instability) 등 이차적인 손상과 그로 인한 장애를 초래할 수 있으며, 앞십자인대 재건술 후에도 통증(pain), 관절가동범위 제한(limited range of motion), 부종(edema), 근력약화(muscle weakness)와 같은 수술 후 발생하는 손상으로 인하여 일상생활로의 복귀가 지연된다[3][4][5].

넙다리네갈래근(quadriceps muscle, QM)의 약화와 통증은 앞십자인대 재건술 이후에 발생하는 가장 흔한 손상으로 외과적 절개술로 인하여 부득이하게 넙다리네갈래근의 정지부가 절개되기 때문에, 수술 후 환자의 비대칭적인 움직임, 무릎관절의 불안정성 및 자세 불안정을 초래하며, 그로 인해 이차적인 무릎관절 손상을 유발하여 수술 후 일상 복귀를 지연시키는 가장 큰 원인 중 하나가 된다[6][7]. 따라서 성공적인 재활을 위해서 넙다리네갈래근의 근력강화와 통증관리는 연구 및 임상환경에서 중요하게 고려되는 부분 중 하나이다[8][9]. 넙다리네갈래근 약화 및 무릎관절 가동범위 등을 개선하기 위한 재활중재 방법으로 등척성(isometric) 및 등장성(isotonic) 운동과 수동 관절운동 치료기(continuous passive motion, CPM), 냉찜질이 이루어지고 있지만, 기구나 치료사에 대한 의존도가 높은 방법이기 때문에 실효성이 떨어지며 급성뿐만 아니라 만성기에 사용 가능하고 임상 및 가정 운동프로그램으로 보다 효율적으로 처방할 수 있는 근력 훈련 및 통증관리 방법이 필요하다[3][10]. 선행연구들은 효과적인 임상훈련 프로그램과 가정운동프로그램으로 신경근전기자극(neuromuscular electrical stimulation, NMES)과 경피신경전기자극(transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS)이 사용되어져 왔다[11]. 신경근전기자극의 중재는 돌발변조 주파수를 사용하는 러시

안전류(russian current, RC), 단상형 짝정점 맥동파(monophasic twinspiked pulsed current), 양상형 맥동파(biphasic pulsed current) 등을 사용하는 전기자극 방법으로 근력강화 뿐 만 아니라, 인대 손상으로 인해 수술 후 위축(atrophy)이 나타난 근육의 기능회복, 선택적 근육훈련, 그리고 부종조절 등 다양한 목적으로 사용되고 있는 전기중재 방법이다[12]. 특히, 러시안전류는 2500Hz를 50pps로 돌발시킨 전기자극으로 근력운동과 비교했을 때 위상성근(phasic muscle)의 근력과 지구력, 긴장성근(tonic muscle)의 지구력에서 보다 큰 근력증가가 보고되어 왔다[13]. 또한 러시안전류는 등척성 훈련 및 물리적 인자치료(physical factor therapy)와 함께 병행하였을 때 그 효과가 더욱 큰 것으로 나타났다[14].

임상에서 환자의 통증경감을 위하여 사용하는 경피신경전기자극은 관문조절설(gait control theory)에 근거하여 통증전달로를 차단시키는 중재 방법으로 경제적이고 안전한 방법 중 하나이다[15].

이전 연구의 대부분은 신경근전기자극 중재의 일환으로 러시안전류가 앞십자인대 손상 환자의 재건술 이후에 넙다리네갈래근의 근력 개선에 대한 효과를 알아보고 운동치료 및 손상시기별 러시안전류의 효과를 비교한 논문이었다[16]. 앞십자인대 재건술 이후에 환자의 넙다리네갈래근에 근력 차이를 야기하는 것이 수술로 인한 통증의 문제인지, 근력약화가 문제인지에 대하여 근본적인 원인을 알아보고 해결하고자 하는 노력도 신경근전기자극 중재와 경피신경전기자극 중재를 비교한 연구에 그치고 있다[17]. 앞십자인대 재건술 이후 환자의 무릎관절 주변통증과 넙다리네갈래근 약화 중 재활과정에 있어서 영향을 미치는 요인과 무릎 기능에 관한 증상, 일상생활 동작, 운동 및 놀이, 삶의 질 그리고 다리기능 회복에 관한 연구는 아직까지 미비한 실정이다[18][19]. 따라서 본 연구의 목적은 융복합기반의 러시안전류와 경피신경전기자극 중재가 무릎관절 주변 통증, 넙다리네갈래근의 근력 및 신체기능에 미치는 영향을 알아보고, 앞십자인대 재건술 이후 재활에서 더욱 효율적인 물리적 인자치료를 제언하기 위함이다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구 대상자

본 연구는 서울시 소재 H병원에서 앞십자인대 재건술

을 받고 4주 이상 지난 환자를 대상으로 2015년 9월 25일부터 2016년 9월 5일까지 총 40명을 대상으로 시행하였다. 연구 대상자 선정기준은 다음과 같다.

- 가. 앞십자인대 재건술을 받은 자
- 나. 말초 신경에 질환이 없는 자
- 다. 전기자극에 대한 심리적 부담이 없는 자
- 라. 서기와 보행에 문제가 없는 자
- 마. 앞십자인대 재건술 이외에 정형외과적 과거병력 및 현 병력이 없고, 수술경험이 없는 자
- 바. 신경계 및 심혈관계 질환이 없는 자.

또한, 앞십자인대 재건술 이후 염증이나 부작용이 있는 자, 전기자극에 대한 두려움이 있는 자는 연구 대상에서 제외하였다.

연구 대상자는 각각 러시아안전류군(russian current group, RCG) 20명과 경피신경전기자극군(transcutaneous electrical nerve stimulation group, TENSG) 20명으로 총 40명을 대상으로 실시하였고, 연구에 앞서 본 실험의 내용 및 절차, 연구기간, 예상효과에 대한 상세한 설명을 진행한 후 실험에 자발적으로 참여한다는 서면 동의를 받았다. 또한, 본 연구는 백석대학교 기관생명윤리위원회(institutional review board, IRB) 심의를 거쳐 연구윤리 승인을 받아 진행하였다. 구체적인 연구 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다<Table 1>.

<Table 1> General characteristics of participants (N=40)

Variables	RCG (n=20)	TENSG (n=20)	p
Gender (m/f)	10 / 10	10 / 10	1.000
Age (years)	29.60±5.56 <sup>a</sup>	29.70±5.52	.955
Height (cm)	169.15±8.83	169.48±7.45	.899
Weight (kg)	70.55±12.63	66.60±8.58	.255

RCG, russian current group; TENSG, transcutaneous electrical nerve stimulation group  
<sup>a</sup>mean±standard deviation

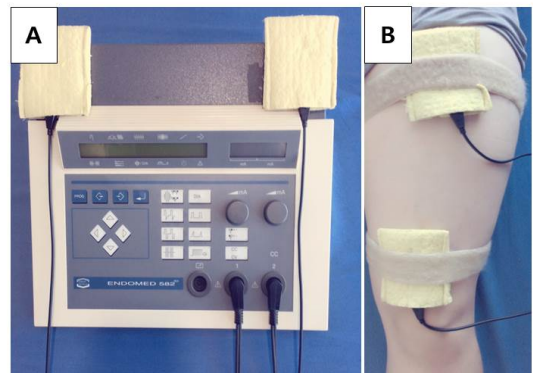
## 2.2 측정도구 및 방법

모든 대상자는 얼음팩(ice pack)을 이용한 냉치료(cryotherapy) 20분과 지속적 수동 관절운동 치료기를 이용한 수동관절 가동운동을 20분간 동일하게 적용받았으며, 전기자극은 4주 동안 주 5회 실시하였다.

### 2.2.1 러시아안전류(russian current)

본 연구를 위해 러시아안전류 자극기(ENDOMED582, ENRAF, Delft, Netherland)가 사용되었으며, 한쪽 패드

는 환자의 전상장골극(anterior superior iliac spine, ASIS) 아래쪽 5cm 부위 내측에 붙이고, 다른 한 패드는 환자의 무릎뼈(patella) 위쪽 5cm 부위 내측에 부착하였다. 주파수(frequency)는 2500Hz, 맥동빈도(pulse frequency)는 50pps, 맥동기간(pulse duration)은 400μs, 경사 증가시간과 감소시간은 각각 2초, 단속 시간비(on-off ratio)는 1:5로 10초간 자극을 지속하고 50초간 휴식하는 방식으로 설정하였다. 파형은 정현파(sinusoidal wave)를 사용하였고, 강도 설정은 최대 수의적 수축(maximum voluntary contraction)의 50% 보다 크게 자극하거나 환자가 견딜 수 있을 때까지 증가시켜 자극하였다. 10번의 수축을 1회로 하여 2회 수축시켰고, 총 20분간 실시하였다[Fig. 1][20].



[Fig. 1] russian current (A: device, B: intervention position)

### 2.2.2 경피신경전기자극(transcutaneous electrical nerve stimulation)

본 연구를 위해 경피신경전기자극기(EN-STIM4, ENRAF, Delft, Netherland)가 사용되었으며, 한쪽 패드는 환자의 전상장골극 아래쪽 5cm 부위 내측에 붙이고, 다른 한쪽 패드는 환자의 무릎뼈 위쪽 5cm 부위 내측에 부착하였다. 주파수는 120Hz로 설정하였고, 맥동기간은 200μs로 설정하였다. 파형은 대칭성 이상성 직사각형파(symmetric biphasic rectangular wave)를 사용하였고, 강도 설정은 대상자가 편안하다고 느끼고, 근육의 가시적인 수축(visible contraction)이 나타나지 않을 때까지 증가시켰으며, 총 20분간 실시하였다[21].

## 2.3 측정 도구

### 2.3.1 통증

활동 중에 느끼는 통증 범위를 측정하기 위해 시각적

상사 척도(visual analog scale, VAS)를 이용하였다. 10cm의 선에서 0cm는 통증이 없는 경우이고, 10cm는 최고의 통증을 기록하는 방법으로 표시한 지점을 자로 측정하여 점수화하였다[22]. 이 측정도구의 검사-재검사 신뢰도(test-retest reliability)는 류마티스 질환(rheumatoid disease) 환자에서 0.937이며, 급성 통증에서 측정시기별 0.97로 1에 가까운 높은 신뢰도를 나타냈다[23][24].

### 2.3.2 넙다리네갈래근 등속성 근력 측정

넙다리네갈래근의 최대 수의적 수축력을 측정하기 위해 5년 이상의 물리치료 경력 및 측정 장비 운용경력이 있는 물리치료사가 등속성 근력측정기(isokinetic dynamometer, Primus-rs, Pennsylvania, USA)를 사용하여 앞십자인대 재건술 시행측의 근력측정을 실시하였다.

연구대상자는 등받이가 있는 의자에 기대어 앉은 상태로 허리와 다리를 고정하고 무릎관절 70°에서 무릎 굽힘과 펴는 등척성 수축력을 3초간 측정하였다. 뉴턴미터(N/m) 단위로 측정하였고, 측정 간 피로의 영향을 최소화하기 위하여 휴식시간은 1분으로 설정하였으며, 총 3회 측정하여 평균값을 적용하였다[Fig. 2][25].



[Fig. 2] isokinetic dynamometer

### 2.3.3 무릎상해와 관절염 결과지수(knee injury and osteoarthritis outcome score, KOOS)

무릎 손상 환자의 무릎기능을 평가하기 위해 개발된 무릎 상해와 관절염 결과 지수를 서승석 등이 번역하고 표준화한 질문지인 한국판 무릎 상해와 관절염 결과 지수(K-KOOS)를 사용하였다[26][27].

무릎 상해와 관절염 결과 지수는 증상 및 경직성(7문항), 통증(9문항), 일상생활동작(17문항), 운동 및 놀이 활

동 기능(5문항), 무릎관절과 관련된 삶의 질(4문항) 등 5개의 항목으로 구성되어 있고, 0점에서 4점인 Likert scale로 문제없음 0점, 극심한 경우에 4점으로 하였다. 작성된 설문지는 무릎 상해와 관절염 결과 지수의 홈페이지(<http://www.koos.nu>)의 지침에 따라 수동 점수화지(manual score calculation)를 이용하여 %로 산출하였다. 무릎 상해와 관절염 결과 지수의 검사-재검사 신뢰도는 증상 및 경직성이 0.79, 통증이 0.89, 일상생활동작이 0.75 운동 및 놀이기능이 0.77, 삶의 질이 0.79이다[26].

### 2.3.4 다리기능척도(lower extremity functional scale, LEFS)

앞십자인대 재건술 환자의 무릎기능을 평가하기 위해 이관우 등이 번역하고 표준화한 질문지인 한국판 다리기능척도(K-LEFS)를 사용하였다[28][29].

다리기능척도는 집안일, 취미생활, 육조에 들어가거나 나오기, 방 사이 걷기, 신발이나 양말신기, 쪼그리고 앉기, 물건 들어올리기, 집 주변에서 경도 활동, 집 주변에서 중등도 활동, 차를 타고 내리기, 2블럭 걷기, 1.6km(1mile)걷기, 1시간 앉아있기, 평탄한 길 달리기, 평탄하지 않은 길 달리기, 빠르게 달리는 동안 갑자기 돌기, 팔딱팔딱 뛰기, 침대에서 구르기 등 20가지 항목으로 구성되어 있다. 각 항목의 점수는 0-4점으로 0점이 가장 기능장애가 크고, 점수가 높을수록 기능이 좋다는 것을 의미하며 최대 80점이 가능하다. 다리 기능 척도의 검사-재검사 신뢰도는 0.98로 매우 높은 신뢰도를 나타냈다[28].

## 2.4 자료 분석

연구 대상자의 일반적 특성은 기술통계량을 이용하여 분석하였다. 러시안전류군과 경피신경전기자극군의 중재 전과 중재 후 통증, 굽힘 및 펴는 근력, 다리기능의 차이는 대응표본 t검정(paired t-test)을 이용하였고, 연구군 간 중재효과의 차이를 알아보기 위해 독립표본 t검정(independent t-test)을 사용하였다. 통계적 유의수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다. 본 연구의 자료 분석 처리는 SPSS WIN Version 21.0을 사용하여 통계처리 하였다.

## 3. 결과

### 3.1 시각적 상사 척도(VAS)를 통한 중재 전후 통증 비교

물리적 인자치료의 효과를 비교해 보기 위하여 측정 한 시각적 상사 척도는 중재 전후 결과 값을 살펴보면, 러시아안전류군은 4.95±1.23cm에서 3.05±1.43cm으로 유의 하게 감소하였고(p<0.01), 경피신경전기자극군은 5.00±1.03cm 에서 2.65±1.04cm으로 유의하게 감소하였다(p<0.01). 두 군간 통증 변화에서 유의한 차이가 없었다(p>0.05).

**3.2 넙다리네갈래근 등속성 근력 측정 비교**

넙다리네갈래근의 최대 수의적 수축력 비교에서 러시 안전류군은 굽힘 근력이 중재 전 102.81±58.17N/m에서 물리적 인자치료 이후에 119.30±61.10N/m로 통계학적인

로 유의하게 증가하였으며, 펌 근력도 중재 전 219.29±105.48N/m에서 물리적 인자치료 이후에 368.83±140.95N/m로 유의한 증가를 보였다(p<0.01).

경피신경전기자극군은 굽힘 근력이 87.56±35.28N/m에서 97.58±41.97N/m로, 펌 근력이 172.73±76.64N/m에서 197.40±111.13N/m로 유의한 증가를 보였다(p<0.05). 두 군간 최대 수의적 수축력의 굽힘 근력에서는 유의한 차이가 없었으나(p>0.05), 펌 근력에서 러시아안전류군이 경피신경전기자극군보다 유의한 차이를 보였다(p<0.05) <Table 2>

<Table 2> Comparison within and between groups (N=40)

Classification		RCG <sup>a</sup> (n=20)	TENSG <sup>b</sup> (n=20)	p
VAS <sup>c</sup> (cm)	pre	4.95±1.23	5.00±1.03	.175
	post	3.05±1.43	2.65±1.04	
	diff	-1.90±0.97	-2.35±1.10	
	p	.000**	.000**	
Flexion (N/m)	pre	102.81±58.17	87.56±35.28	.443
	post	119.30±61.10	97.58±41.97	
	diff	16.49±31.71	10.02±19.75	
	p	.031*	.035*	
Extension (N/m)	pre	219.29±105.48	172.73±76.64	.000**
	post	368.83±140.95	197.40±111.13	
	diff	149.54±102.16	24.66±51.68	
	p	.000**	.046*	

<sup>a</sup>RCG, russian current group; <sup>b</sup>TENSG, transcutaneous electrical nerve stimulation group; <sup>c</sup>VAS, visual analog scale; \*p<0.05, p<0.01\*\*, significant difference between RCG and TENSG

<Table 3> Comparison within and between groups (N=40)

Classification		RCG <sup>a</sup> (n=20)	TENSG <sup>b</sup> (n=20)	p
Symptome	pre	46.27±8.37	39.60±12.24	.937
	post	52.32±10.89	45.46±12.13	
	diff	6.05±6.34	5.85±9.32	
	p	.000**	.011*	
Pain	pre	42.12±8.37	52.59±10.61	.052
	post	65.69±16.55	66.77±12.66	
	diff	23.58±16.49	13.49±15.27	
	p	.000**	.001**	
ADL <sup>c</sup>	pre	66.03±12.81	56.32±14.73	.692
	post	76.40±12.22	66.76±12.65	
	diff	8.31±14.40	10.44±19.05	
	p	.002**	.024*	
Sport / Re <sup>d</sup>	pre	15.75±6.34	16.25±8.09	.050
	post	27.25±12.51	21.50±7.62	
	diff	13.25±14.98	5.25±9.39	
	p	.000**	.022*	
QOL <sup>e</sup>	pre	31.95±14.23	33.45±12.90	.614
	post	48.45±12.93	41.05±13.96	
	diff	4.69±8.81	6.25±10.54	
	p	.000**	.016*	

<sup>a</sup>RCG, russian current group; <sup>b</sup>TENSG, transcutaneous electrical nerve stimulation group; <sup>c</sup>ADL, activities of daily living; <sup>d</sup>sport / re, sport / recreation; <sup>e</sup>QOL, quality of life; \*p<0.05, p<0.01\*\*, significant difference between RCG and TENSG

〈Table 4〉 Comparison within and between groups (N=40)

Classification		RCG <sup>a</sup> (n=20)	TENSG <sup>b</sup> (n=20)	<i>p</i>
LEFS <sup>c</sup>	pre	31.95±14.23	33.45±12.90	.033*
	post	48.45±12.93	41.05±13.96	
	diff	16.50±12.14	7.60±13.33	
	<i>p</i>	.000**	.020*	

<sup>a</sup>RCG, russian current group; <sup>b</sup>TENSG, transcutaneous electrical nerve stimulation group; <sup>c</sup>LEFS, lower extremity functional scale; \**p*<0.05, *p*<0.01\*\*, significant difference between RCG and TENSG

### 3.3 무릎 상해와 관절염 결과 지수(KOOS)

무릎 상해와 관절염 결과 지수의 비교에서 러시아전류군은 증상이 46.27±8.37점에서 52.32±10.89점으로(*p*<0.01), 통증이 42.12±8.37점에서 65.69±16.55점으로(*p*<0.01), 일상생활동작이 66.03±12.81점에서 76.40±12.22점으로(*p*<0.01), 놀이 및 여가는 15.75±6.34점에서 27.25±12.51점으로(*p*<0.01), 삶의 질은 31.95±14.23점에서 48.45±12.93점으로 유의하게 증가하였고(*p*<0.01), 경피신경전기자극군은 증상이 39.60±12.24점에서 45.46±12.13점으로(*p*<0.05), 통증이 52.59±10.61점에서 66.77±12.66점으로(*p*<0.01), 일상생활동작이 56.32±14.73점에서 66.76±12.65점으로(*p*<0.05), 놀이 및 여가는 16.25±8.09점에서 21.50±7.62점으로(*p*<0.05), 삶의 질은 33.45±12.90점에서 41.05±13.96점으로 유의하게 증가하였다(*p*<0.05). 그러나 두 군간 무릎 상해와 관절염 결과 지수 항목에서는 유의한 차이가 없었다(*p*>0.05) 〈Table 3〉.

### 3.4 다리기능척도(LEFS)

다리기능척도에서 러시아전류군은 31.95±14.23점에서 48.45±12.93점으로 유의한 증가가 있었고(*p*<0.01), 경피신경전기자극군은 33.45±12.90점에서 41.05±13.96점으로 유의한 증가가 있었다(*p*<0.05). 두 군간 다리기능척도에서 러시아전류군이 경피신경전기자극군보다 유의한 증가가 있었다(*p*<0.05) 〈Table 4〉.

## 4. 고찰

앞집자인대 재건술 환자에서 물리치료의 목적은 무릎 관절의 기능 증진과 손상 전 무릎상태로의 회복에 있다. 앞집자인대 재건술 후 관절기원성 근억제(arthrogenic muscle inhibition)로 인해 넙다리내갈래근의 약화가 발생하여 지속적인 신경근 조절을 악화시키므로 이러한 문제를 개선시키기 위해 넙다리내갈래근의 근력강화는 물리치료에서 적극적으로 시행 되어져야 한다[9]. 또한 통

증은 기능 제한과 함께 앞집자인대 재건술 환자가 주로 호소하는 증상으로 이러한 통증의 관리도 중재계획에 있어 중요한 문제로 제시된다[30]. 따라서 본 연구에서는 앞집자인대 재건술 후 나타나는 증상 중 무릎기능과 관련된 근력과 통증관리에 있어 전기자극이 어떠한 영향을 미치는지와 무엇이 효율적인 전기중재 방법인지 알아보고자 하였다.

본 연구의 결과 러시아전류군과 경피신경전기자극군은 통증과 넙다리내갈래근의 굵힘 및 펌 근력, 그리고 무릎 상해와 관절염 결과 지수의 모든 항목과 다리기능척도에서 유의한 개선을 보였다.

이전 연구에서 전기자극에 의한 넙다리내갈래근의 근력과 통증척도의 개선을 연구한 한상완은 러시아전류를 넙다리내갈래근에 배치하여 단속 시간비는 1:5 맥동기간은 250μs, 맥동빈도는 50bps 설정한 후 1회에 15분간 총 8주를 자극한 결과 무릎 넙다리 통증 증후군(patellofemoral pain syndrome) 환자에서 한 발로 세 번 뛰기와 같은 기능적 수행능력 증가와 통증감소에 유의한 차이를 보였고, 진유신은 퇴행성 무릎관절염 환자에게 단속 시간비를 1:4, 맥동기간 200μs,로 설정하여 안쪽 넓은근(vastus medialis)에 신경근전기자극을 적용한 결과 통증 감소, 넙다리내갈래근 근력 및 넙다리 둘레에서 유의한 증가를 보였다[31][32].

Fitzgerald 등은 신경근전기자극을 75 burst/s의 빈도, 2초의 경사시간, 단속 시간비를 1:5로 앞집자인대 재건술 환자에게 본 연구와 동일하게 적용한 후 대조군과 비교한 결과 12주에서 넙다리내갈래근의 최대 등척성 수축력 증가와 일상생활동작에서 유의한 증가를 보였으며, Thomas가 제안한 50-75pps의 주파수와 400μs의 맥동기간, 2초간의 경사시간 1:5의 단속 시간비가 앞집자인대 재건술 이후 넙다리내갈래근의 근력을 증가시킨다는 효과를 확인할 수 있었다[20][33]. 그러나 선행연구에서 넙다리내갈래근의 근력과 통증, 둘레와 같은 양적 변수만을 확인하였고, 환자의 기능적 변수는 일상생활에서만 확인하여 포괄적인 무릎 기능 개선을 확인하지 못한 제

한점이 있었다. 본 연구에서 사용한 무릎 상해와 관절염 결과 지수는 증상, 통증, 일상생활동작, 놀이 및 여가, 삶의 질의 5개의 하부척도로 구성된 무릎 평가도구로 검사-재검사 신뢰도(test-retest reliability), 구성타당도(construct validity), 내적일치도(internal consistency)에서 무릎뼈 관절염을 경험하고 있는 노인에서부터 십자인대를 수술한 젊은 성인까지 다양한 환자에게 측정할 수 있는 신뢰도가 높은 평가 도구이다[34]. 또한, 다리기능척도는 20개의 문항으로 적용방법이 쉽고 간단하여 빠르게 적용할 수 있는 장점을 가진 다리 기능 측정도구로 무릎 관절 환자뿐만 아니라, 엉덩관절 및 발목관절 환자에게도 적용할 수 있고, 높은 신뢰도(reliability)와 타당도(validity)가 확인된 방법이다[28].

러시아전류는 앞십자인대 재건술 환자의 무릎 상해와 관절염 결과 지수를 증가시키는 효과가 있었는데, 러시아전류의 중재가 무릎 상해와 관절염 결과 지수를 개선시킨다는 연구가 거의 없어 동일한 연구와의 비교는 어려웠다. Mintken 등은 신경근전기자극 중재를 통해 무릎 관절 전치환술(total knee replacement, TKR) 환자의 무릎 상해와 관절염 결과 지수의 진행목인 통증, 증상, 일상생활동작, 놀이 및 여가, 삶의 질이 수술 전에 비해 모두 증가하였고, 넵다리네갈래근 토크의 경우 3주, 6주, 12주에 걸쳐 수술 전보다 크게 증가한 결과를 보여 본 연구의 결과와 유사하였다[35].

본 연구의 넵다리네갈래근 근력강화와 유사한 연구들에서 앞십자인대 재건술 환자에게 8주간 등속성 재활동 프로그램을 시행한 결과 최대회전력(peak torque), 체중비 최대회전력(body-weight ratio peak torque)에서 유의한 증가가 있었고, 열린사슬(open chain)과 닫힌사슬(close chain)을 비교한 연구에서는 열린사슬 운동군이 닫힌사슬 운동군 보다 무릎 상해와 관절염 결과 지수에서 비슷했지만, 넵다리네갈래근의 근력증가에 효과가 있는 것으로 확인되었다[36][37]. 이처럼 근력강화 운동이 앞십자인대 재건술 후 기능개선에 효과적인 중재 방법이지만, 러시아전류는 근력강화 운동을 대안할 수 있는 방법으로, 경제적이고 장소에 구애받지 않는 장점을 잘 활용한다면 환자와 보호자 교육을 통해 장기간 중재에 보다 쉽게 적용가능 할 것으로 사료된다[38].

경피신경전기자극 중재의 이전 연구를 살펴보면, Arvidsson 등의 연구에서 무릎 수술 환자에게 주어진 경피신경전기자극의 중재는 넵다리네갈래근 수축 시 11%,

휴식 시 50%까지 통증이 감소하였고, 중재 전 근수축 능력에 비해 305% 증가한 근수축 능력의 결과를 보여 본 연구 결과와 유사하였다[39]. 또한 Paternostro-Sluga 등은 앞십자인대 재건술 환자에게 수술 후 첫 6주 동안 신경근전기자극 중재와 경피신경전기자극 중재를 각각 운동치료를 병행하여 비교한 결과 무릎의 등속성(isokinetic) 및 등척성(isometric) 근력에 유의한 차이가 없었고, 운동치료만 시행한 그룹과 비교했을 때에도 근력에 차이가 없었다[17]. 이러한 차이는 본 연구에서의 경피신경전기자극 중재가 앞십자인대 재건술 환자의 통증, 근력, 무릎 기능에 유의하게 개선된 연구결과와 상이한 차이가 있었는데, 본 연구의 4주간 안정화 기간과는 달리 이전연구는 수술 직후 조기 운동치료를 통해 고정화(immobilization) 기간이 짧았던 차이로 사료된다. 또한, Hopkins 등은 무릎에 삼출로 인한 관절기원성 근억제가 있는 환자를 대상으로 냉치료와 경피신경전기자극 중재를 대조군과 비교하여 안쪽 넓어근(vastus medialis)의 H-reflex를 비교한 결과 냉치료, 경피신경전기자극군 순으로 척수 운동신경 웅덩이(motoneuron pool)의 흥분성이 촉진되었고, 냉치료에서 가장 효과적으로 나타났다[40].

본 연구에서 적용한 물리적 인자치료 중 냉치료는 두 군 모두 동일하게 적용되었다. 따라서 냉치료의 순환감소와 함께 나타나는 부종감소 효과와 경피신경전기자극 중재의 통증 억제 기전이 앞십자인대 재건술 환자의 통증, 근력 및 무릎기능에 긍정적인 영향을 미친것이라 사료된다. 또한 본 연구에서 러시아전류와 경피신경전기자극 중재의 결과를 비교하였을 때, 러시아전류가 넵다리네갈래근 펌 근력과 다리기능척도에서 유의한 증가를 보였는데, Shivakumar 등은 뼈관절염 환자를 대상으로 신경근전기자극 중재와 경피신경전기자극 중재를 넵다리네갈래근의 등척성 수축을 병행하여 비교한 결과 신경근전기자극 중재에서 통증 감소와 골관절염 지수에 개선에 큰 증가를 보였고, 경피신경전기자극 중재에서는 약간의 개선을 보여 본 연구의 결과와 유사하였다[41].

경피신경전기자극의 기전은 Melzack과 Wall이 제시한 관문조절설에 의해 통증이 조절되지만, 앞십자인대 재건술 환자의 가장 큰 문제인 관절기원성 근억제는 운동단위 동원을 감소하게 되므로, 경피신경전기자극 중재를 통한 통증관리보다 러시아전류 중재를 이용한 근력강화가 더욱 효과적으로 작용한 것이라 사료된다[42][9].

본 연구에서는 전기치료 이외에 일반적인 물리치료를

추가적용 했기 때문에 순수한 전기치료의 효과를 입증한 것으로 보이면 다소 무리가 있다. 하지만 일반적인 물리 치료를 동일하게 적용하였고 두 전기치료 방법을 비교했기에 임상적 의의가 있다고 사료된다. 또한 4주간의 짧은 중재는 장기간 중재 효과에 대해 알 수 없었고, 적은 대상자 수와 일상생활 및 심리적 상태를 완전히 배제하지 못한 제한점이 있기에 향후 연구에서는 장기간 중재에 따른 예후 변화와 연구대상자의 수, 중재기간을 늘린다면 더욱 구체적인 차이를 알 수 있을 것이라 사료된다.

## 5. 결론

본 연구의 결과를 통해 융복합기반 러시안전류와 경피신경전기자극 중재가 앞집자인대 재건술 환자에게 효과적인 중재방법이었고, 러시안전류가 경피신경전기자극 중재보다 넙다리네갈래근의 근력과 다리기능에 더욱 효과적인 중재 방법인 것을 확인하였다. 그러므로 앞집자인대 재건술 환자에게 경피신경전기자극 중재보다 신경근전기자극 중재의 하나인 러시안전류를 중재에 활용하는 것을 권장한다.

## REFERENCES

- [1] Spindler. K. P, Wright. R. W, “Anterior Cruciate Ligament (ACL) Tear”, *N Engl J Med*, Vol.13:359, No. 20, pp. 2135-2142, 2008.
- [2] Boden. B. P, Dean. G. S, Feagin. J. A, Garrett. W. E, “Mechanisms of anterior cruciate ligament injury”, *Orthopedics*, Vol. 23, No. 6, pp. 573-578, 2000.
- [3] Y. J. Kim, J. M. Jung, J. T. Han, “Exercise Treatment of Knee Joint After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Operation”, *Journal of The Korean Society of Physical Medicine*, Vol. 3, No. 1, pp. 27-37, 2008.
- [4] S. O. Hong, Y. T. Kim, Y. H. Choi, J. H. Park, S. H. Kang, “Development of severity-adjusted length of stay in knee replacement surgery”, *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 2, pp. 215-225, 2015.
- [5] Y. H. Uhm, “The Feedback Mirror Therapy in Stroke Patients Effect of Muscle Activity and Function of the Upper Extremity”, *Journal of digital Convergence*, Vol. 13, No. 6, pp. 205-212, 2015.
- [6] H. S. Choi, S. B. Jeon, “Effect of Backward Walking Training on Balance Capability and Gait Performance in Patients With Stroke”, *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 1, pp. 367-373, 2015.
- [7] Schmitt. L. C, Paterno. M. V, Hewett. T. E, “The Impact of Quadriceps Femoris Strength Asymmetry on Functional Performance at Return to Sport Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction”, *J Orthop Sports Phys Ther*, Vol. 42, No. 9, pp. 750-759, 2012.
- [8] J. Y. Lee, Y. S. Moon, “Effects of Chronic Pain and Social support on Depression and Suicide in the Elderly”, *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 10, pp. 445-458, 2015.
- [9] Palmieri-Smith. R. M, Thomas. A. C, Wojtys. E. M, “Maximizing Quadriceps Strength After ACL Reconstruction”, *Clin Sports Med*, Vol. 27, No. 3, pp. 405-424, 2008.
- [10] S. G. Baek, H. J. Choi, “The Effect of 12Weeks Complexed Lower Body Muscle-Strengthening Exercise Program on Fall Risk in Elderly women”, *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 10, pp. 533-539, 2015.”
- [11] Gyselinck. D. A, Briant. J. R, Goldstein. E. L, “The Impact of Electrical Stimulation and Exercise on Independent Static Standing Balance”, *University of Puget Sound Ideas*, 2015.
- [12] Lake. D. A, “Neuromuscular Electrical Stimulation. An Overview and its Application in the Treatment of Sports Injuries”, *Sports Med*, Vol. 13, No. 5, pp. 320-336, 1992.
- [13] T. S. Go, “Effects of Russian Current Stimulation or Progressive Resistive Exercise on Muscle Strength and Endurance change”, dissertation, Yonin University, 2001.
- [14] S. Y. Han, “Effects of Russian Current Stimulation on Muscle Strength and Pain in Female Patients with Knee Osteoarthritis”, dissertation Daegu University, 2012.



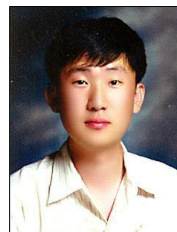
- [15] Johnson. M. I, "Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS)", Leeds Metropolitan University, 2012.
- [16] K. M. Kim, Croy. T, Hertel. J, Saliba. S, "Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Quadriceps Strength, Function, and Patient-Oriented Outcomes: A Systematic Review", *J Orthop Sports Phys Ther*, Vol. 40, No. 7, pp. 383-391. 2010.
- [17] Paternostro-Sluga. T, Fialka. C, Alacamlıoglu. Y, Saradeth. T, Fialka-Moser. V, "Neuromuscular Electrical Stimulation After Anterior Cruciate Ligament Surgery", *Clin Orthop Relat Res*, Vol. 368, pp.166-175, 1999.
- [18] Snyder-Mackler. L, Delitto. A, Bailey. S. L, Stralka. S. W, "Strength of the Quadriceps Femoris Muscle and Functional Recovery after Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation", *J Bone Joint Surg*, Vol. 77, No. 8, pp. 1166-1173, 1995.
- [19] Delitto. A, Rose. S. J, Mckowen. J. M, Lehman. R. C, Thomas. J. A, Shively. R. A, "Electrical Stimulation Versus Voluntary Exercise in Strengthening Thigh Musculature After Anterior Cruciate Ligament Surgery", *Phys Ther*, Vol. 68, No. 5, pp. 660-663, 1988
- [20] Thomas. C. W, "The efficacy of Neuromuscular Electrical Stimulation for Muscle-Strength Augmentation", *Athl Ther Today*, Vol. 12, No. 1, pp. 39-42, 2007.
- [21] Cetin. N, Aytar. A, Atalay. A, Akman. M. N, "Comparing Hot Pack, Short-Wave Diathermy, Ultrasound, and TENS on Isokinetic Strength, Pain, and Functional Status of Women with Osteoarthritic Knees: A Single-Blind, Randomized, Controlled Trial", *Am J Phys Med Rehabil*, Vol. 87, No. 6, pp. 443-451, 2008.
- [22] J. Y. Choe, "Reliability of Visual Analog Scale in Assessment of Acute Pain", *The Journal of Korean Academic Society of Nursing Education*, Vol. 9, No. 1, pp. 136-143, 2003.
- [23] Ferraz. M. B, Quaresma. M. R, Aquino. L. R, Atra. E, Tugwell. P, Goldsmith. C. H, "Reliability of Pain Scales in the Assessment of Literate and Illiterate Patients with Rheumatoid Arthritis", *J Rheumatol*, Vol. 17, No. 8, pp. 1022-1024, 1990
- [24] Bijur. P. E, Silver. W, Gallagher. E. J, "Reliability of the Visual Analog Scale for Measurement of Acute Pain", *Acad Emerg Med*, Vol. 8, No. 12, pp. 1153-1157, 2001.
- [25] J. G. Yoon, "The Relationship between Personality, Music Type and MVIC, Power for the Knee Extensor on Inducing Muscle Fatigue", *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, Vol. 8, No. 4, pp.593-600, 2013.
- [26] S. S. Seo, K. C. Chung, Y. B. Kim, "Assessment of Validity, Reliability and Responsiveness of Korean Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) for the Knee Injury", *The Journal of the Korean Orthopaedic Association*, Vol. 41, No. 3, pp. 441-453, 2006.
- [27] Roos. E. M, Roos. H. P, Lohmander. L. S, Ekdahl. C, Beynnon. B. D, "Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)-Development of a Self-Administered Outcome Measure", *J Orthop Sports Phys Ther*, Vol. 78, No. 2, pp. 88-96, 1998.
- [28] K. W. Lee, K. S. Jung, H. D. S대, Y. J. Jung, "Reliability and Validity of the Korean version of Lower Extremity Functional Scale in patients with lower-extremity musculoskeletal dysfunction", *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, Vol. 50, No. 3, pp.451-467, 2011.
- [29] Binkley. J. M, Stratford. P. W, Lott. S. A, Riddle. D. L, "The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): Scale Development, Measurement Properties, and Clinical Application", *North American Orthopaedic Rehabilitation Research Network, Phys Ther*, Vol. 79, No. 4, pp.371-383, 1999.
- [30] Secrist. E. S, Freedman. K. B, Ciccotti. M. G, Mazur. D. W, Hammoud. S, "Pain Management After Outpatient Anterior Cruciate Ligament Reconstruction A Systematic Review of Randomized Controlled Trials", *Am J Sports Med*, Vol. 44, No. 9, pp. 2435-2447, 2016.

- [31] S. Y. Han, "Effect of Rehabilitation Exercise and Neuromuscular Electrical Stimulation on a Visual Analysis Scale and on Functional Capacity Performed for 8-weeks in a Patient With Patellofemoral Pain Syndrome", *Phys Ther Korea*, Vol. 11, No. 3, pp. 33-42, 2004.
- [32] Y. S. Jin, T. G. Jeong, "Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation of the Vastus Medialis on Pain and Muscle Function in Patients with Knee Osteoarthritis", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 12, No. 1, pp. 329-337, 2012.
- [33] Fitzgerald. G. K, Piva. S. R, Irrgang. J. J, "A Modified Neuromuscular Electrical Stimulation Protocol for Quadriceps Strength Training Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction", *J Orthop Sports Phys Ther*, Vol. 33, No. 9, pp. 492-501, 2003.
- [34] Collins. N. J, Prinsen. C. A, Christensen. R, Bartels. E. M, Terwee. C. B, Roos. E. M, "Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): systematic review and meta-analysis of measurement properties", *Osteoarthritis and Cartilage*, Vol. 24, No. 8, pp. 1317-1329, 2016.
- [35] Mintken. P. E, Carpenter. K. J, Eckhoff. D, Kohrt. W. M, Stevens. J. E, "Early Neuromuscular Electrical Stimulation to Optimize Quadriceps Muscle Function Following Total Knee Arthroplasty: A Case Report", *J Orthop Sports Phys Ther*, Vol. 37, No. 7, pp. 364-371, 2007.
- [36] C. S. Lee, Y. K. Gwon, B. Y. Kim, "The Effects of 8weeks Isokinetic Exercise on Torque Variables of Knee Joint in Anterior Cruciate Ligament Patient Women", *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol. 34, No. 2, pp. 975-984, 2008.
- [37] Tagesson. S, Öberg. B, Good. L, Kvist. J, "A Comprehensive Rehabilitation Program With Quadriceps Strengthening in Closed Versus Open Kinetic Chain Exercise in Patients With Anterior Cruciate Ligament Deficiency A Randomized Clinical Trial Evaluating Dynamic Tibial Translation and Muscle Function", *Am J Sports Med*, Vol. 36, No. 2, pp. 298-307, 2008.
- [38] Bruce-Brand. R. A, Walls. R. J, Ong. J. C, Emerson. B. S, O'Byrne. J. M, Moyna. N. M, "Effects of home-based resistance training and neuromuscular electrical stimulation in knee osteoarthritis: a randomized controlled trial", *BMC Musculoskeletal Disorders*, Vol. 3, No. 13, pp. 118, 2012.
- [39] Arvidsson. I, Eriksson. E, "Postoperative TENS pain relief after knee surgery: objective evaluation", *Orthopedics*, Vol. 9, No. 10, pp. 1346-1351, 1986.
- [40] Hopkins. J. T, Ingersoll. C. D, Edwards. J, Klootwyk. T. E, "Cryotherapy and Transcutaneous Electric Neuromuscular Stimulation Decrease Arthrogenic Muscle Inhibition of the Vastus Medialis After Knee Joint Effusion", *J Athl Train*, Vol. 37, No. 1, pp. 25-31, 2002.
- [41] Shivakumar. H. B, Jayaram. M, Sharath. U. R, Sanjay. J. U, "A Comparative Study Between The Efficacy Of NMES and Quadriceps Isometric Exercises Versus TENS and Quadriceps Isometric Exercises In Patients Suffering FROM Acute Knee Osteoarthritis", *J of Evolution of Med and Dent Sci*, Vol. 3, No. 17, pp. 4516-4524, 2014.
- [42] Sandkühler. J, "Long-Lasting Analgesia following TENS and Acupuncture: Spinal Mechanisms beyond Gate Control", *Proceedings of the 9th World Congress on Pain (Progress in Pain Research and Management)*, Vol. 16, No. 36, pp. 359-369, 2000.

#### 저자소개

#### 이 덕 재(Deok-Jae Lee)

[정회원]



- 2004년 10월 ~ 현재 : 하늘병원 스포츠상해센터 과장
- 2014년 12월 : 한국보건의료인 국가시험원 물리치료사 국가고시 출제위원
- 2015년 3월 : 백석대학교 보건복지대학원 물리치료학 석사과정

<관심분야> : 근골격 물리치료, 스포츠 재활

심 재 훈(Jae-Hun Shim) [종신회원]



- 2000년 2월 : 한국체육대학교 사회체육대학원 건강관리학과 (체육학석사)
- 2009년 2월 : 한양대학교 대학원 보건학과(보건학박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 물리치료학과 교수

<관심분야> : 보건계열, 물리치료

윤 성 익(Seoung-Ic Yoon) [정회원]



- 2004년 2월 : 한양대학교 보건대학원 석사(보건관리학)
- 2009년 2월 : 한양대학교 보건대학원 박사(보건관리학)
- 1993년 2월 ~ 현재 : 한양대학교 의료원 재활의학과 팀장/부장

<관심분야> : 병원경영, 물리치료

박 신 준(Shin-Jun Park) [정회원]



- 2015년 2월 : 용인대학교 물리치료학과 (물리치료학석사)
- 2015년 3월 : 용인대학교 물리치료학과 박사과정
- 2015년 3월 ~ 현재 : 강동대학교 물리치료과 초빙교수

<관심분야> : 심폐물리치료, 정형도수물리치료