

전기자극방법이 앞십자인대 재건술환자의 근력과 통증, 관절가동범위 및 공포-회피반응에 미치는 영향

박신준¹, 이주환^{2*}, 이덕재³

¹강동대학교 물리치료과, ²용인대학교 일반대학원, ³백석대학교 보건복지대학원

The Effects of Electrical Stimulation Method on Muscle Strength, Pain, Range of Motion, Fear Avoidance-Belief in Patients with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Shin-Jun Park¹, Ju-Hwan Lee^{2*}, Duck-Jae Lee³

¹Department of Physical Therapy, Gangdong College

²Department of Physical Therapy, Graduate School of Yongin University

³Department of Physical Therapy, Graduate School of Baekseok University

요약 본 연구는 앞십자인대 재건술 환자에게 신경근전기자극 및 경피신경전기자극을 적용하여 근력과 통증, 관절가동범위 및 공포-회피반응에 미치는 효과를 알아보고자 한 연구이다. 앞십자인대 완전파열로 인해 관절경재건술을 받은자를 대상으로 신경근전기자극군(n=14), 경피신경전기자극군(n=14)으로 나누었고 각 군은 일반적인 물리치료를 받은 후 각 중재를 적용 받았다. 각 전기치료 중재는 1일 1회 30분, 주 3회씩 4주간, 총 12회 규칙적으로 적용하였다. 중재방법에 따른 평가에는 무릎 관절의 굽힘과 펴기 등속성 근력, 통증, 무릎관절 가동범위, 공포-회피반응이 포함되었다. 연구결과 신경근전기자극군과 경피신경전기자극군 모두에서 통증, 관절가동범위, 공포-회피반응에서 유의한 개선이 있었다. 하지만 등속성 무릎 굽힘 및 펴기근력의 경우 신경근전기자극군에서만 유의한 개선이 있었다. 또한, 신경근전기자극과 경피신경전기자극 두 전기치료 방법간, 근력, 통증, 관절가동범위, 공포-회피반응에선 유의한 차이가 없었다. 본 연구를 통해 신경근전기자극과 경피신경전기자극은 앞십자인대 재건술 환자의 통증, 관절가동범위, 공포-회피반응에 효과적인 중재방법이 될 수 있다는 것을 알 수 있었지만 넵다리네갈래근 근력을 개선시키기 위해서는 신경근전기자극이 더욱 효과적일 수 있다는 것을 알 수 있었다.

Abstract The purpose of this study was to investigate the effect of neuromuscular electrical stimulation (NMES) and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on muscular strength, pain, range of motion and fear-avoidance in anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) patients. The subjects of this study who received ACLR after arthroscopic injury were divided into two groups: NMES (n=14) and TENS (n=14). Each group received intervention after routine physical therapy. Each electrotherapy intervention was applied regularly for a total of 12 times, 3 times a day (30 minutes) for 4 weeks. The evaluation by intervention method included isokinetic muscle strength in flexion and extension of the knee joint, pain, range of motion of the knee joint, and fear-avoidance beliefs. The results showed significant improvement in pain, range of motion, and fear-avoidance beliefs in both groups ($p<0.05$). However, there was a significant improvement in isokinetic knee flexion and extension strength only in the NMES group ($p<0.05$). There was no significant difference between the two electrotherapy methods in muscle strength, pain, range of motion, and fear-avoidance beliefs. These study results suggest that NMES and TENS can be effective intervention methods for pain, range of motion, and fear-avoidance response in patients with ACLR, but to improve muscle strength NMES may be more effective.

Keywords : Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Fear-Avoidance Belief, Muscle Strength, Neuromuscular Electrical Stimulation, Pain, Range Of Motion, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

*Corresponding Author : Ju-Hwan Lee(Yongin Univ.)

Tel: +82-10-9272-1182 email: elkael@naver.com

Received March 13, 2017

Revised (1st April 7, 2017, 2nd April 19, 2017)

Accepted June 9, 2017

Published June 30, 2017

1. 서론

앞집자인대의 손상은 주로 격렬한 스포츠활동에 의해 지속되는 가장 흔하고 치명적인 무릎손상 중 하나이다 [1]. 손상기전은 지면에 발이 착지한 상태에서 무릎의 과범이나 방향전환시 급작스럽게 손상된다[2]. 손상 후 관절 불안정성이 발생하거나 관절면 황폐화 시킬 때 재건술을 시행한다[3]. 하지만 재건술 후 겪게 되는 관절기원성 역제는 무릎근 약화와 통증을 발생하여 회복을 늦춘다[4]. 뿐만 아니라 재건술 환자 중 재손상에 대한 두려움이 높은 사람은 손상 이전의 일상생활활동에 복귀하는데 어려움이 있다[5]. 따라서 무릎근력 증가 및 통증 감소, 두려움을 감소시킬만한 중재방법이 필요하다[6].

앞집자인대 재건술 후 중재에 관한 선행연구에선 손상 측의 근력강화 및 기능개선을 위해 수술전 4주간 운동치료 혹은 전기치료를 통해 통증감소 및 근력증가 그리고 일상생활로의 조기복귀 등의 효과를 보고하였는데, 특히 전기치료의 경우 운동치료와 달리 수술 후 바로 적용이 가능하고, 통증감소와 근력강화 뿐만 아니라 심리적 증상까지도 개선시킬 수 있었다[5-9].

전기치료 중재 중 경피신경전기자극은 다양한 질병을 지닌 환자를 대상으로 관문조절을 이용하여 통증을 완화시키고, 비침습적이며, 손쉽게 사용이 가능한 전기치료 방법 중 하나이다[10]. 일반적인 경피신경전기자극은 고빈도 저강도 전류를 사용하는데, 저빈도 고강도를 사용하는 침형태 전기자극치료와 고빈도 고강도를 통한 고강도 경피신경전기자극도 있지만 모두 통증을 감소시키기 위한 경피신경전기자극 방법이고 전기자극에 대한 대상자가 느끼는 감정, 통증의 정도 신체적 특성에 따라 적용이 가능하다[11]. 선행연구에선 무릎관절염 환자에게 경피신경전기자극을 적용하였을 때 관절위치각각이 개선되었고[12], 경피신경전기자극치료를 골관절염 환자에게 실시했을 때 우울과 같은 심리적 증상까지도 개선되었다[13].

한편 신경근전기자극 중 러시아 전류(Russian current)는 정상신경지배근의 근력증진을 위해 사용되는 전기치료이다[14]. 전기자극은 세포내 투과도 및 탈분극 증가를 통해 전파되어 운동종판에 신경전달물질을 분비시키고 초기 적용 시엔 운동단위 동원율 증가, 지속적 적용 시엔 근섬유의 산화능력 증가를 일으켜 근육의 유산소적 능력을 이끌어 낸다[15]. Holcomb 등[16]의 연구

에선 건강한 성인에게 러시아 전류를 적용했을 때 등척성 무릎힘이 증가하였고, 하지골절 후 회복기의 환자를 대상으로 러시아전류를 적용했을 때 넵다리넨근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 근력이 강화되었다[17]. 또한, 러시아 전류로 건강한 성인의 넵다리넨근을 주3회, 4주동안 자극한 결과 넵다리넨근의 동심성 수축력이 증가하였다[18].

현재까지 앞집자인대 재건술 환자를 대상으로한 연구에서 신경근전기자극은 앞집자인대 수술 후 넵다리넨근의 근력개선에 효과가 있었지만 선행연구들의 중재는 운동치료와 함께 실시되었기 때문에 신경근전기자극 치료의 단일효과를 파악하는 데에는 한계가 있다. 또한 경피신경전기자극은 넵다리넨근을 즉각적으로 활성화시키고 중재적용 4주후 넵다리넨근의 근활성도를 유의하게 개선시키는 효과가 있었지만[19,20] 이 연구들은 앞집자인대 재건술 환자를 대상으로 한 연구가 아니었고 앞집자인대 재건술 환자를 대상으로 경피신경자극의 효과를 알아본 연구는 국내·외로 미흡한 실정이다. 뿐만 아니라 신경근전기자극과 경피신경전기자극 중 어느 것이 앞집자인대 재건술 환자의 재활에 더욱 효과적인지 비교분석하는 연구도 국내·외에서 미흡한 실정이다. 때문에 본 연구에서는 앞집자인대 재건술 환자의 치료적 중재에 있어 각 전기치료중재에 대한 효과를 파악하고 치료중재 간 효과를 비교하여 향후 앞집자인대 재건술 환자의 재활에 있어 각 전기치료 방법의 단일효과 및 더욱 효과적인 전기치료 방법이 무엇인지를 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구는 H병원 상해 재활 센터에서 물리치료를 받는 환자를 대상으로 자기공명영상 검사에서 앞집자인대 완전파열을 진단 받고 관절경 재건을 실시한 후 4주 이상~6주 이하인 자를 대상으로 실시하였다[21]. 대상자 선정은 담당의사에 의해 수술 후 부작용이 없다고 판단된 자, 침-통각 검사에서 다리 말초신경이 마비되지 않은 환자로 하였다. 연구 시작 전 본 연구에 관한 이익과 목적을 충분히 설명하고 참여에 대한 동의서를 작성하였고 전체 28명의 대상자 중 신경근전기자극군 14명,

경피신경자극군 14명을 무작위로 나누었다. 연구는 2015년 1월 1일부터 2016년 1월1일 까지 비동시적으로 진행 하였으며, 두 군간 성별, 나이, 신장, 체중을 포함 하는 일반적 특성 차이는 Table 1, 연구절차는 Fig. 1에 제시하였다.

Table 1. Difference of general characteristics between two group

	^b NMESG (n=14)	^c TENSG (n=14)	χ^2/p
Gender (M/F)	9/5	7/7	^d 0.445
Age (years)	^a 29.43±6.87	32.00±6.82	^e 0.329
Height (cm)	170.21±8.09	167.59±7.02	0.367
Weight (kg)	72.14±15.11	67.43±9.48	0.332

^aMean±SD, ^bNMESG: neuromuscular electrical stimulation group, ^cTENSG: transcutaneous electrical nerve stimulation group, ^dchi-squaretest, ^eindependent t-test.

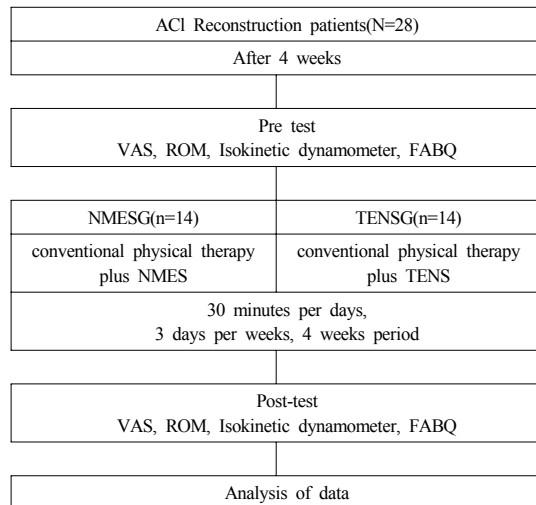


Fig. 1. Schematic diagram of experimental procedure

2.2 측정방법

2.2.1 등속성근력

무릎관절의 굽힘과 폼의 근력측정은 등속성 근력측정기(BTE, Primus-rs, USA)를 사용하였다. 대상자는 의자에 기대어 앉은 상태로 골반과 다리를 고정하고 연구자의 구두 신호에 맞추어 무릎근력 평가를 시행하였다. 평가방법은 무릎관절 70° 위치에서 최대 수의적 수축으로 굽힘 및 폼을 3초간 유지하게 하도록 요구하였으며, 각 측정 간 휴식시간을 1분으로 설정하였다[22]. 이 측정장비의 신뢰도는 0.98이고 타당도는 0.96이다[23].

2.2.2 통증 측정

환자가 활동 중 느끼는 통증을 측정하기 위해 시각적 상사 척도(visual analog scale, VAS)를 이용하였다. 10cm 수평선을 기준으로 왼쪽 0cm지점에는 통증이 없음, 오른쪽 10cm 지점에는 최악의 통증을 표시하였고, 대상자에게 직접 펜으로 ✓ 표시하도록 하였다. 0cm에서 표시된 지점까지 길이를 자로 측정하여 점수화 하였다. 시각적 상사 척도의 급성통증에서 신뢰도는 0.97로 매우 높았다[24].

2.2.3 관절가동범위 측정

본 연구에서 관절가동범위 측정은 아이폰6(A1524, Apple, California)의 Goniometer Pro 어플리케이션(Goniometer Pro 2.7, 5FUF5 CO, United States)으로 평가하였다. 대상자는 바로 누운 자세를 취하고, 한 명의 연구보조자가 무릎관절 굽힘 시 엉덩관절 보상작용을 방지하고자 엉덩관절 90° 지점을 넘어가지 않도록 제한하였다. 대상자의 넓적다리 피부를 이루는 가상의 선을 측정하기 위해 넓다리뼈에 스마트폰을 가로로 세워 일차 측정을 하였고, 이후 정강뼈에 동일한 방법으로 스마트폰을 세워 이차 측정을 하였다. 넓적다리와 정강뼈가 이루는 가상의 선의 합이 각도로 계산되었고 신뢰도를 높이기 위해 3번씩 측정된 평균값을 데이터 값으로 사용하였다. 스마트폰을 이용한 무릎 굽힘의 측정자내 신뢰도는 0.81이고 측정자간 신뢰도는 0.79 이었다[25].

2.2.4 공포-회피반응 측정

근골격계 환자의 심리사회적 상태를 평가하기 위해 개발된 공포-회피 반응을 Joo 등(2009)이 번역하고 표준화한 질문지인 한국판 공포-회피반응(Korean Version of the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire)를 사용하였다[26]. 공포-회피반응은 신체적 활동에 대한 5개의 항목과 직업적 일에 대한 11개 항목으로 구성되어진다. 각 문항의 점수는 0점부터 6점까지 7점 척도이고 0점은 전혀 동의하지 않음, 6점은 완벽하게 동의함으로 하였다. 점수의 계산은 2번, 8번, 13번, 14번, 16번 문항을 점수에 포함시키지 않았으며[27], 점수의 범위는 0-60점으로 점수가 높을수록 더 큰 공포-회피반응을 나타냄을 의미한다. 한국판 공포-회피 반응의 검사-재검사 신뢰도는 급간내상관계수 0.95, 항목별 급간내상관계수는 신체적 활동에서 0.09, 직업적 일에서 0.97로 높은 수준을 나타

내었다[27].

2.3 중재방법

모든 연구대상자는 연구 전에 전기자극 부위에 의료용 알코올 솜으로 닦아낸 후 전극을 배치시키고 밴드로 양 끝을 감았다. 또한, 일반적인 물리치료인 냉찜질(ice pack), 지속적 수동 관절운동 치료기(continuous passive motion, CPM)를 각각 15분간 동일하게 시행되었고, 추가로 경피신경자극치료, 신경근전기자극을 각각 30분간 추가 적용하였다. 중재기간은 4주간 주당 3회씩 규칙적으로 진행되었다.

2.3.1 신경근전기자극 방법

대상자는 바로 누운자세에서 무릎을 60° 굽힘시키고 넙다리내갈래근의 이논곳(무릎뼈 20cm 위 넙다리 앞면)과 닿는곳(무릎뼈 3cm 위)에 전극을 배치 시켰다. 신경근전기자극기의 러시안 전류는(Russian current) 주파수(frequency) 2500Hz, 맥동빈도(pulse rate) 50pps, 맥동기간(pulse duration)은 400µs, 경사시간은 각각 2초, 자극 시간은 10초, 단속 시간은 50초로 하였으며, 1회 최대 10번씩 30분간 적용하였다. 대상자가 참을 수 있고, 가시적인 근수축이 일어나는 최대 강도의 자극을 기록하여 중재기간 동일하게 자극하였다[28].

2.3.2 경피신경전기자극 방법

대상자는 바로 누운자세에서 무릎뼈 상단 앞-가쪽, 앞-안쪽, 하단 앞-가쪽과 앞-안쪽에 사각형 모양으로 전극을 부착하였다. 경피신경전기자극 전류는 맥동빈도(pulse rate) 120pps, 맥동기간(pulse duration)은 100µs로 하였으며, 지속적인 비대칭 이상성 직사각형파(continuous, asymmetric, biphasic square-pulse wave)를 사용하여 30분간 전류를 흘렸다[29]. 자극의 강도는 해당 근육에 수축이 나타남을 눈으로 확인한 후 강도를 감소시켜 운동역치 바로 이전 크기로 실시하였다.

2.4 자료분석

수집된 모든 자료는 Statistical Package for Social Science (SPSS) 20.0 프로그램을 사용하여 분석하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 카이제곱검정과 독립표본 t 검정(independent sample t-test) 사용하여 평균과 표준편차를 나타내었다. 정규성 검정을 위해 샤피로 윌크 검

정(Shapiro-wilk test) 실시한 후 펌 근력이 조건에 만족되지 않아 비모수검정을 사용하였고, 나머지 변수에서 정규분포를 확인했으므로 모수검정을 통해 분석되었다. 두 군내 중재 방법에 따른 굽힘 근력, 통증, 관절가동범위, 공포-회피반응에 미치는 영향은 대응표본 t 검정(paired sample t-test)으로, 펌 근력은 윌콕슨 부호 순위검정(Wilcoxon signed-ranks)을 사용하여 분석하였다. 두 군간 중재 방법에 따른 굽힘 근력, 통증, 관절가동범위, 공포-회피반응에 미치는 변화량의 차이(post-pre)는 독립표본 t 검정으로, 펌 근력은 만-위트니 U 검정(Mann-Whitney U test)을 사용하여 분석 하였다. 통계학적 유의수준 설정은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

3. 연구결과

3.1 등속성 근력의 변화

등속성 근력의 변화는 다음과 같다[Table 2,3]. 신경근전기자극군에서 중재 후 무릎 굽힘과 펌근 근력이 유의하게 증가하였다($p<0.01$). 경피신경전기자극군은 중재 후 무릎 굽힘과 펌근 근력이 증가하였으나 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 두 군간 전기치료 방법에 따른 등속성 근력에선 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

Table 2. Change of isokinetic flexor strength

	^b NMESG	^c TENSG	^e t
pre	^a 86.64±59.03	79.75±34.72	
post	105.07±66.58	89.21±31.67	
different	18.42±15.71	9.46±24.18	1.131
^d t	-4.227**	-1.464	

(unit: N/M), ^aMean±SD, ^bNMESG: neuromuscular electrical stimulation group, ^cTENSG: transcutaneous electrical nerve stimulation group, ^dpaired sample t-test $p<0.05$, ^eindependent sample t-test, ** $p<0.01$.

Table 3. Change of isokinetic extensor strength

	^b NMESG	^c TENSG	^e z
pre	^a 192.68±91.39	196.49±76.96	
post	227.38±83.77	217.33±88.48	
mean rank	14.88	13.18	0.58
^d z	-3.181**	-1.601	

(unit: N/M), ^aMean±SD, ^bNMESG: neuromuscular electrical stimulation group, ^cTENSG: transcutaneous electrical nerve stimulation group, ^dWilcoxon Signed-ranks, ^eMann-Whitney U test, ** $p<0.01$.

3.2 통증의 변화

통증의 변화는 다음과 같다[Table 4]. 신경근전기자극군에서 중재 후 무릎 통증이 유의하게 감소하였다($p<0.01$). 경피신경전기자극군은 중재 후 무릎 통증이 유의하게 감소하였다($p<0.01$). 두 군간 전기치료 방법에 따른 무릎 통증에선 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

Table 4. Change of visual analog scale

	^b NMESG	^c TENSG	^e t
pre	^a 4.43±1.09	5.00±1.10	
post	2.14±1.03	2.29±0.99	
different	-2.29±1.07	-2.71±0.91	1.140
^d t	8.000**	11.113**	

(unit: point), ^aMean±SD, ^bNMESG: neuromuscular electrical stimulation group, ^cTENSG: transcutaneous electrical nerve stimulation group, ^dpaired sample t-test $p<0.05$, ^eindependent sample t-test, ** $p<0.01$.

3.3 관절가동범위의 변화

관절가동범위의 변화는 다음과 같다[Table 5]. 신경근전기자극군은 중재 후 무릎 굽힘 관절가동범위가 유의하게 증가하였다($p<0.01$). 경피신경전기자극군은 중재 후 무릎 굽힘 관절가동범위가 유의하게 증가하였다($p<0.01$). 두 군간 전기치료 방법에 따른 무릎 굽힘 관절가동범위에선 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

Table 5. Change of range of motion

	^b NMESG	^c TENSG	^e t
pre	^a 98.79±9.02	102.29±11.49	
post	128.64±12.97	125.43±7.18	
different	29.86±14.55	23.14±10.45	1.402
^d t	-7.676**	-8.286**	

(unit: degree), ^aMean±SD, ^bNMESG: neuromuscular electrical stimulation group, ^cTENSG: transcutaneous electrical nerve stimulation group, ^dpaired sample t-test $p<0.05$, ^eindependent sample t-test, ** $p<0.01$.

3.4 공포-회피반응의 변화

공포-회피반응의 변화는 다음과 같다[Table 6]. 신경근전기자극군과 경피신경전기자극군에서 중재 후 공포-회피반응이 유의하게 감소하였다($p<0.05$). 두 군간 전기치료 방법에 따른 공포-회피반응에선 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

Table 6. Change of fear-avoidance beliefs

	^b NMESG	^c TENSG	^e t
pre	^a 39.57±15.41	41.62±18.50	
post	31.07±18.99	32.54±17.36	
different	-8.50±13.32	-9.08±9.04	.131
^d t	2.387*	3.620**	

(unit: point), ^aMean±SD, ^bNMESG: neuromuscular electrical stimulation group, ^cTENSG: transcutaneous electrical nerve stimulation group, ^dpaired sample t-test $p<0.05$, ^eindependent sample t-test, * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

4. 논의

연구결과 신경근전기자극군은 무릎 굽힘 및 폼 근력, 통증, 관절가동범위, 공포-회피반응에서 유의한 개선을 보였다.

Taradaj 등[20], Fitzgerald 등[30]의 연구에선 신경근 전기자극 적용시 넵다리네갈래근 근력이 증가되었고, 손상과 관련된 기능도 개선되었는데, 이는 본 연구결과와 유사했다. 이러한 결과는 신경근전기자극이 중추신경의 빠른 적응과 근조직을 증가시켜[14], 부종과 통증을 일으키는 관절기원성억제를 완화시킨 결과로 사료된다[4]. 또한, Kang과 Jang은 건강인을 대상으로 넵다리네갈래근에 신경근전기자극을 적용하였는데 자극 전에 비해 자극 후 60°/sec의 각속도에서 무릎 폼 근력과 굽힘 근력이 모두 증가하였는데, 이는 본 연구결과와 유사한 결과였다. 무릎관절 폼 근육이 수축하게 되면 그에 반대로 작용하는 굽힘 근육 작용이 증가하게 된다[31]. 또한, 근육의 길이가 최적의 위치에 놓이게 될 때 근육의 힘은 최대치로 오르게 된다[32]. 따라서 신경근전기자극에 의한 넵다리네갈래근 수축은 넓적다리뒤근육의 공동작용(coactivation)을 일으켜 굽힘근력이 증가할 수도 있지만 넓적다리뒤근육을 늘리기 때문에 길이-장력관계(length-tension relationships) 영향을 미쳐 굽힘 근력이 증가된 것으로 사료된다.

본 연구결과 두 군 모두에서 관절가동범위의 증가가 있었는데, 이는 일반적 물리치료의 효과로 사료된다. Levine 등[33]의 연구에선 신경근전기자극군보다 일반적 물리치료군에서 관절가동범위가 더 증가하는 것으로 나타났다. 한편 공포-회피반응의 발생 및 악순환에는 통증이 중요한 역할을 한다. 통증이 발생하면 대상자는 그 통증에 대한 두려움으로 움직임을 회피하게 되고 결국 이러한 악순환은 불용, 장애로 이어지게 되는데[34], 본

연구의 두 그룹 모두에서 통증에 유의한 개선이 있었기 때문에 공포-회피반응 수준도 개선된 것으로 사료된다.

본 연구의 경피신경전기자극군은 무릎 굽힘 및 펴기 근력을 제외한 통증, 관절가동범위, 공포-회피반응에서 유의한 개선을 보였다. 경피신경전기자극을 적용하여 넓다리네갈래근의 활성도 증가 및 근력개선을 보고한 선행연구들에서선 일반적인 운동치료와 함께 병행하여 실시하였을 때 유의한 효과가 있었다[19,20]. 하지만 본 연구 경피신경전기자극군에서는 운동치료를 병행하지 않았다. 때문에 증재 전·후 무릎 굽힘 및 펴기근력에 대한 결과가 유의하지 않게 나타난 것으로 사료된다.

본 연구의 신경근전기자극과 경피신경전기자극 간 무릎 근력, 통증, 관절가동범위, 공포-회피 반응에서 유의한 차이가 없었다. Lee 등[6]은 본 연구와 동일한 방법으로 앞십자인대 재건술 환자에게 신경근전기자극과 경피신경전기자극 효과를 비교한 결과 통증, 무릎 상해와 관절염 결과지수에 두 증재방법 간 유의한 차이가 없었으나, 넓다리네갈래근 펴기 근력에 신경근전기자극이 보다 유의한 증가를 나타내어 본 연구의 무릎 근력 측정 시 신경근전기자극에서만 유의한 증가가 나타난 결과와 유사하였다. 앞십자인대 손상 후 재건술로 인한 관절기원성근억제는 근육약화를 야기하는데, 통증감소는 관절기원성근억제를 감소시킨다[4]. 경피신경전기자극은 통증을 개선시킬 수 있고 신경근전기자극은 근력을 증가시킬 수 있기 때문에 두 증재 방법모두 관절기원성근억제를 감소시킬 수 있다[4]. 때문에 두 전기치료 방법 간 근력 및 통증에 차이가 없었던 것으로 사료된다. 수술 후 나타나는 심리적 정신 상태는 통증, 뻣뻣함, 기능, 관절인식과 밀접한 연관이 있다[35]. 본 연구결과 각 군의 관절가동범위, 통증정도가 개선되었다. 때문에 심리적 요소인 공포-회피반응에서도 각 군간 유의한 차이가 없었던 것으로 사료된다.

따라서 이 연구를 통해 신경근전기자극과 경피신경전기자극은 앞십자인대 재건술 환자의 통증, 관절가동범위, 공포-회피반응에 효과적인 물리적인자치료가 될 수 있음을 확인 할 수 있었다. 경피신경전기자극치료가 근피로 위험이 적고[36], 간섭과 전류만큼 효과적이지만[37], 무릎관절 주변 근력을 개선시키기 까지 어려웠던 것으로 보아, 앞십자인대 재건술 환자의 무릎근력까지 개선시키는데는 신경근 전기자극이 경피신경전기자극 보다 더욱 효과적인 재활 방법임을 본 연구를 통

해 알 수 있었다. 또한 본 연구결과를 토대로 무릎손상 환자의 통증을 감소시킬 수 있는 관절가동술[38], 및 후방보행 운동[39]이나 무릎 근기능에 효과적인 테이핑[40], 스퀴트[41], 복합운동[42], 필라테스[43]에 추가적으로 신경근전기자극을 적용한다면 무릎손상 환자의 근력과 통증 개선에도 더욱 효과적인 결과가 나타날 것으로 사료된다.

하지만 본 연구는 각 증재와 함께 실시하였던 기본적인 물리치료의 효과를 배제하지 못한 제한점이 있다. 또한, 국내·외 연구 중 앞십자인대 환자를 대상으로 공포회피 도구를 사용한 연구가 없어 다른 연구와 직접적인 공포회피 점수를 비교하지 못하였으나 통증 및 근력 개선에 따른 심리학적 변화를 확인하였기에 향후연구에 기초자료가 될 수 있을 것이다. 추후연구에선 즉각적인 효과나 입원 시 지속적인 평가를 통해 언제 가장 효과적인지를 확인하고 퇴원 후 잔존 효과를 비교한다면 더욱 구체적인 차이점을 알 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 앞십자인대 재건술 환자 28명을 대상으로 일반적 물리치료에 신경근전기자극과 경피신경전기자극을 추가 적용하여 근력, 통증, 관절가동범위, 공포-회피반응에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 진행되었다. 4주간의 연구 끝에 다음과 같은 결론을 얻었다.

신경근전기자극과 경피신경전기자극 모두 통증, 관절가동범위, 공포-회피반응이 유의하게 개선되었다. 하지만 신경근전기자극의 경우 무릎 굽힘 및 펴기 근력이 유의하게 증가하였으나 경피신경전기자극에서는 증가한 폭에 비해 유의한 차이는 없었다. 증재 후 두 전기치료 방법간 유의한 차이는 없었다. 이상의 결과를 통해 신경근 전기자극이 경피신경전기자극에 비해 통증, 관절가동범위, 공포-회피반응에 차이는 없었지만 무릎 펴기 뿐만 아니라 굽힘근력에 더욱 개선된 효과를 보였으므로 무릎근력 강화를 포함한 앞십자인대 재건술 환자의 재활에서는 신경근전기자극이 경피신경전기자극 보다 유용할 것으로 사료된다.

References

- [1] T. E. Hewett, S. L. Di Stasi, G. D. Myer. "Current concepts for injury prevention in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction," *The American journal of sports medicine*, vol. 41, no. 1, pp. 216-224, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1177/0363546512459638>
- [2] B. P. Boden, J. A. Feagin Jr, W. E. Garrett Jr. "Mechanisms of anterior cruciate ligament injury," *Journal of 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 crutiante ligament reconstruction operation," *Journal of Korean Society of Physical Medicine*, vol. 3, no. 1, pp. 27-37, 2008.
- [4] R. M. Palmieri-Smith, A. C. Thomas. E. M. Wojtys. "Maximizing quadriceps strength after ACL reconstruction," *Journal of Clinics in Sports Medicine*, vol. 27, no. 3, pp. 405-424, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2008.02.001>
- [5] J. Kvist, A. Ek, K. Sporrstedt, L. Good. "Fear of re-injury: a hindrance for returning to sports after anterior cruciate ligament reconstruction," *Journal of Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, vol. 13, no. 5, pp. 393-397, 2005.
- [6] D. J. Lee, J. H. Shim, S. I. Yoon, S. J. Park. "Effect of convergence-based russian current and transcutaneous electrical nerve stimulation at quadriceps muscle on pain, strength, and performance in persons with anterior cruciate ligament reconstruction," *Journal of the korea convergence society*, vol. 8, no. 1, pp. 77-87, 2017.
- [7] L. Snyder-Mackler, A. Delitto, S. W. Stralka, S. L. Bailey. "Use of electrical stimulation to enhance recovery of quadriceps femoris muscle force production in patients following anterior cruciate ligament reconstruction," *Journal of Physical therapy*, vol. 74, no. 10, pp. 901-907, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1093/ptj/74.10.901>
- [8] D. K. Kim, J. H. Hwang, W. H. Park. "Effects of 4 weeks preoperative exercise on knee extensor strength after anterior cruciate ligament reconstruction." *Journal of physical therapy science*, vol. 27, no. 9, pp. 2693-2696, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2693>
- [9] B. A. Rakel, M. B. Zimmerman, K. Geasland, J. Embree, C. R. Clark, N. O. Noiseux, K. A. Sluka. "Transcutaneous electrical nerve stimulation for the control of pain during rehabilitation after total knee arthroplasty: A randomized, blinded, placebo-controlled trial," *Journal of PAIN*, vol. 155, no. 12, pp. 2599-2611, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pain.2014.09.025>
- [10] K. A. Sluka, D. Walsh. "Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness," *The Journal of Pain*, vol. 4, no. 3, pp. 109-121, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1054/jpai.2003.434>
- [11] I. Jones, M. I. Johnson. "Transcutaneous electrical nerve stimulation," *Journal of Continuing Education in Anaesthesia*, vol. 9, no. 4, pp. 130-135, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1093/bjaceaccp/mkp021>
- [12] Z. R. Shirazi, R. Shafae, L. Abbasi. "The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on joint position sense in patients with knee joint osteoarthritis." *Journal of Physiotherapy theory and practice*, vol. 30, no. 7, pp. 495-499, 2014.
- [13] F. Altay, D. Durmus, F. Canturk. "Effects of tens on pain, disability, quality of life and depression in patients with knee osteoarthritis/Tens' in diz osteoarthritis hastalarda agri, ozurluluk, yaaam kalitesi ve depresyon uzerine etkisi," *Turkish Journal of Rheumatology*, vol. 25, no. 3, pp. 116-122, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5152/tjr.2010.14>
- [14] Ward, A. R., & Shkuratova, N. "Russian electrical stimulation: the early experiments," *Journal of Physical Therapy*, vol. 82, no. 10, pp. 1019-1030, 2002.
- [15] D. H. Park, J. S. Ryu. "Neuromuscular electrical stimulation for swallowing," *Journal of the Korean Dysphagia Society*, Vol 6, no. 1, pp. 1-6, 2016.
- [16] W. R. Holcomb, S. Golestani, S. Hill. "A comparison of knee-Extension torque production with biphasic versus russian current," *Journal of Sport Rehabilitation*, vol. 9, no. 3, pp. 229-240, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1123/jsr.9.3.229>
- [17] B. O. Jung, H. S. Bang. "Effect of russian current stimulation on muscular performance and muscle activity of quadriceps femoris muscle of convalescent patient after leg fracture," *Journal of Digital Convergence*, vol. 12, no. 7, pp. 365-370, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14400/JDC.2014.12.7.365>
- [18] A. H. Draz, A. A. Abdel-aziem, M. H. A. Elenain. "Bilateral effect of unilateral isokinetic concentric training and Russian current stimulation on quadriceps strength," *American Journal of Health Research*, vol. 2, no. 6, pp. 350-355, 2014.
- [19] B. G. Pietrosimone, J. M. Hart, S. A. Saliba, J. Hertel, C. D. Ingersoll. "Immediate effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and focal knee joint cooling on quadriceps activation," *Journal of Medicine& Science in Sports& Exercise*, vol. 41, no. 6, pp. 1175-1181, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181982557>
- [20] J. Taradaj, T. Halski, M. Kucharzewski, K. Walewicz, A. Smykla, M. Ozon, L. Slupska, R. Dymarek, K. Ptaszkowski, J. Rajfur, M. Pasternok. "The effect of neuromuscular electrical stimulation on quadriceps strength and knee function in professional soccer players: return to sport after ACL reconstruction." *BioMed research international*, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/802534>
- [21] R. C. Manske, *Postsurgical orthopedic sports rehabilitation: knee & shoulder*. Elsevier Health Sciences, Mosby, p. 164, 2006.
- [22] J. G. Yoon. "The relationship between personality, music type and MVIC, power for the knee extensor on inducing muscle fatigue," *Journal of Korean Society of Physical Medicine*, vol. 8, no. 4, pp. 593-600, 2013. DOI: <https://doi.org/10.13066/kspm.2013.8.4.593>
- [23] J. G. Yoon. "The effect of self-controlled feedback on proprioception in elbow flexion of healthy subjects,"

- Journal of the Korean Society of Physical Medicine, vol. 7, no. 4, pp. 493-500, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.13066/kspm.2012.7.4.493>
- [24] P. E. Bijur, W. Silver, E. J. Gallagher. "Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain," *Journal of Academic emergency medicine*, vol. 8, no. 12, pp. 1153-1157. 2001.
- [25] J. Y. Jenny. "Measurement of the knee flexion angle with a smartphone-application is precise and accurate," *The Journal of arthroplasty*, vol. 28, no. 5, 784-787. 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2012.11.013>
- [26] M. K. Joo, T. Y. Kim, J. T. Kim, S. Y. Kim. "Reliability and validity of the Korean version of the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire," *Journal of Physical Therapy Korea*, vol. 16, no. 2, pp. 24-30, 2009.
- [27] G. Waddell, M. Newton, I. Henderson, D. Somerville, C. J. Main. "A Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) and the role of fear-avoidance beliefs in chronic low back pain and disability," *Journal of Pain*, vol. 52, no. 2, pp. 157-168, 1993.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(93\)90127-B](https://doi.org/10.1016/0304-3959(93)90127-B)
- [28] M. G. Dolan. "The efficacy of neuromuscular electrical stimulation for muscle-strength augmentation," *Journal of Athletic Therapy Today*. vol. 12, no. 1, pp. 39-42, 2007.
- [29] J. T. Hopkins, C. D. Ingersoll, J. Edwards, T. E. Klootwyk. "Cryotherapy and transcutaneous electric neuromuscular stimulation decrease arthrogenic muscle inhibition of the vastus medialis after knee joint effusion," *Journal of athletic training*, vol. 37, no. 1, pp.25-31, 2002.
- [30] G. K. Fitzgerald, S. R. Piva, J. J. Irrgang. "A modified neuromuscular electrical stimulation protocol for quadriceps strength training following anterior cruciate ligament reconstruction," *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, vol. 33, no. 9, pp. 492-501, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.9.492>
- [31] K. S. Kang, J. S. Jang, J. H. Moon, Park. H. W, K. H, Yang, B. Y. Jang. "The role of the hamstrings as antagonist of quadriceps in maintaining knee joint stability," *J of Korean Orthop Assoc*. vol. 26, no. 3, pp. 945-949. 1991.
- [32] D. A. Neumann, *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*(2th ed). pp. 52-56, St Louis, Mosby, 2010.
- [33] M. Levine, K. McElroy, V. Stakich, J. Cicco. "Comparing conventional physical therapy rehabilitation with neuromuscular electrical stimulation after TKA," *Journal of Orthopedics*, vol. 36, no. 3, pp. 319-324, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.3928/01477447-20130222-20>
- [34] M. Leeuw, M. E Goossens, S. J. Linton, G. Crombez, K. Boersma, J. W. Vlaeyen. "The fear-avoidance model of musculoskeletal pain: current state of scientific evidence," *Journal of behavioral medicine*, vol. 30, no. 1, pp. 77-94. 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10865-006-9085-0>
- [35] J. M. Giesinger, M. S. Kuster, H. Behrend, K. Giesinger, "Association of psychological status and patient-reported physical outcome measures in joint arthroplasty: a lack of divergent validity," *Journal of Health and quality of life outcomes*, vol. 11, no. 1, pp. 1-6, 2013.
- [36] H. Y. Choi, S. H. Lee, T. S. In, S. H. Kang, D. Y. Lee, C. H. Song. "Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation(TENS) on the changes of postural balance and muscle contraction following muscle fatigue," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. vol. 11, no. 11, pp. 4418-4426, 2010.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.11.4418>
- [37] Y. H. Bae. "The analgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and interferential currents on the experimental ischemic pain model: frequency 50 Hz," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. vol. 13, no. 6, pp. 2617-2624, 2012.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.6.2617>
- [38] J. S. Wang, H. J. An, Y. Y. Kim. "Effect of joint mobilization on improvement of knee pain, isokinetic strength, muscle tone, muscle stiffness in an elite volleyball player with knee injury," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. vol. 17, no. 7, pp. 326-333, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.7.326>
- [39] D. H. Moon, D. H. Oh, S. A. Zhang, J. K. Lee. "Effect of backward walking exercise on ROM, VAS score and proprioception in anterior cruciate ligament reconstruction patients," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. vol. 17, no. 5, pp. 522-529, 2016.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.5.522>
- [40] S. K. Hong, S. J. Kim, J. M. Y. Sim. "effect of kinesio taping application on isokinetic muscle function of football athletes with knee injury," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. Proceedings of the KAIS Fall Conference, pp. 895-897, 2015.
- [41] H. I. Jang, S. H. Kim, J. C. Seo, H. J. Ahn, M. J. Choi, D. H. Lee. "The effect of the muscle activity in lower limb by the knee joint angle and tilt table squat exercise," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. Proceedings of the KAIS Fall Conference, pp. 667-669. 2015.
- [42] S. J. Lee, W. H. Choi, C. G. Lim. "Effects of complex exercise program on pain and muscle activation in elderly patients with knee osteoarthritis," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 13, no. 4, pp. 1684-1689, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.4.1684>
- [43] N. R. Lee, S. J. Yun, K. S. Choi. "The effect of pilates exercises on isokinetic muscular strength and balance in lower limb 's for young aged women," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 17, no. 11, pp. 691-700, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.11.691>

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, 정형도수치료

이 주 환(Ju-Hwan Lee)

[정회원]



- 2013년 2월 : 용인대학교 재활복지대학원 물리치료학과 (물리치료학석사)
- 2016년 8월 : 용인대학교 일반대학원 물리치료학과 (물리치료학박사수료)
- 2008년 3월 ~ 2010년 2월 : 삼성서울병원 재활의학과 물리치료사
- 2010년 4월 ~ 2014년 2월 : 국군수도병원 재활의학과 물리치료사
- 2014년 2월 ~ 현재 : 보훈공단 중앙보훈병원 재활의학과 물리치료사

<관심분야>

정형도수치료, 근골격계 물리치료

이 덕 재(Duck-Jae Lee)

[정회원]



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

<관심분야>

근골격계 물리치료, 스포츠 재활