

Original Article

EMS를 결합한 다리 근력 강화훈련이 대학 축구선수의 넙다리네갈래근 근활성도에 미치는 영향

엄요한, 정한신, 김윤환

군장대학교 물리치료과 교수

The Effect Of EMS Combined Lower Limb Strengthening Training on the Quadriceps Femoris Muscle Activity of the Soccer Player

Yo-han Uhm, Han-shin Jung, Yoon-hwan Kim

Dept. of Physical Therapy, Kunjang College

ABSTRACT

Background: This study aims to investigate the effect of lower limb strengthening training combined with electro muscle stimulation on the quadriceps femoris muscle activity of soccer players.

Methods: Thirty university soccer players were selected as study subjects and divided into a lower limb strengthening training group combined with EMS (Group I) and a general lower limb strengthening training group (Group II), and 15 subjects were randomly assigned. After receiving general soccer training, subjects in this study additionally mediated lower limb strengthening training combined with EMS and general lower limb strengthening training for 26 minutes, 3 times a week for 8 weeks. Quadriceps femoris muscle activity was analyzed before mediation. Vastus medialis, vastus lateralis, and rectus femoris were measured with maximum isometric contraction in the manual muscle test position in order to analyze leg muscle activity. The same items as above were re-measured and a between-group analysis was conducted after 8 weeks of mediation.

Results: As a result of comparative analysis of lower extremity muscle activity between groups, the lower limb strengthening training group combined with EMS showed a statistically significant difference in lower extremity muscle activity compared to the general lower limb strengthening training group.

Conclusion: As a result, it was found that lower limb strengthening training combined with EMS was more effective in improving quadriceps femoris muscle activity. Based on this study, we are going to provide basic data on the possibility of using EMS in the field of sports rehabilitation for soccer players.

Key Words:

EMS, Soccer, Lower Limb Strengthening Training, Quadriceps Femoris Muscle, Muscle Activity

교신저자: 김윤환

주소: 54045 전라북도 군산시 성산면 군장대길 13, E-mail: sc3002@hanmail.net

I. 서론

축구선수는 체중에 비해 강한 근력 소모가 요구되며, 축구 경기는 대부분 유산소성 에너지 시스템으로 이루어 지지만, 순간적인 스피드나 점프 등과 같은 순발력에 필요한 근 파워는 무산소성 에너지 시스템이 사용되므로 유산소성 능력뿐만 아니라 무산소성 능력도 상당한 수준으로 요구된다(Morgans 등, 2014). 축구 경기에서 필요한 운동 능력은 한계치에 도달할 정도의 체력을 쏟아내야 하는 근지구력과 빠른 방향 전환과 격렬한 몸싸움 및 순간적인 스피드를 낼 수 있는 근력 등 다양한 신체기능들이 요구된다(Marco 등, 2018).

축구선수는 패스, 슈트, 몸싸움 등 높은 수준의 기술과 다양하고 복잡한 기술을 수행하기 때문에 빠르고 강인한 근육의 기능이 뒷받침이 되어야 한다(Murat와 Özlem, 2021). 축구선수들은 90분의 한 경기에서 약 10~13km의 거리를 움직이며, 스프린트, 점프 및 빠른 방향전환 등과 같은 동작들을 반복하고, 이러한 동작들을 경기하는 내내 반복하기 위해선 다리 근육의 강력한 수축력이 필요하다(Javier 등, 2022).

축구선수들에게 있어서 다리 근력은 중요한 요인 중 하나이며, 이는 폭발적인 다리의 힘을 이용하여 순간적인 스피드 및 점프 능력 등을 발휘하게 한다. 축구선수의 경기력 향상을 위해 신체 능력 중 가장 중요하게 여기고 강화시켜야 할 부위는 바로 다리 근육이다(Amir와 Bahman, 2018). 전력 질주, 점프, 몸싸움, 킥과 같은 폭발적 형태의 활동이 성공적인 축구 경기 수행의 중요한 요인이며, 이와 같은 폭발적인 움직임의 원동력은 다리 근력에 있다(Choi 등, 2013).

다리 근력은 30m 스프린트 시간뿐만 아니라 점프 능력에도 영향을 미친다(Wisløff 등, 2004). 다리 근력의 향상은 터닝, 스프린트, 속도 변화와 같은 축구에 중요한 기술에서 가속과 최대 속도에 영향을 미친다. 축구 경기에서 중요한 다리 근력의 능력은 경기 중 불의 점유와 득점, 경기력에 큰 영향을 주기 때문에 집중적으로 강화시킬 필요가 있다(Choi 등, 2013).

축구는 급격한 방향 전환이나 점프 후 착지, 가속 및 정지로 인해 다리의 상해 빈도가 높은 편이며, 다리 부상으로 인한 근력 약화는 축구선수에게 치명적인 결과를 초래할 수 있기 때문에 다리의 근력은 축구선수에게 중요한 능력이라고 할 수 있다(Jan 등, 2020). 다리의 최대 근력이 높으면 부상을 예방할 수 있고, 다리 근력 훈련을 시행하면 부상을 약 50% 이상 줄일 수 있다(Martin

등, 2013).

축구선수들의 대표적인 훈련 방법으로는 근력을 집중적으로 강화하는 웨이트 트레이닝이나 인터벌 및 서킷트레이닝을 통한 지구력 강화훈련 등 매우 다양한 프로그램들을 적용해 왔었다(Ferley 등, 2020). 운동선수들은 시간 안에 효율적으로 운동하기 위해 소도구를 이용한 트레이닝이나 전신진동 및 전기자극을 이용한 과학적인 훈련 방법들이 제시되고 있다(Yoon 등, 2014). 과학이 발달함에 따라 전통적인 훈련 방식보다는 과학적 원리를 토대로 한 장비들이 개발되고 있어 이용되고 있는데, 그 중 근육 전기자극 요법(electro muscle stimulation; EMS)은 근육 활동전위에 직접적인 전기적 자극을 주어 근육 수축과 이완을 유도하여 근력을 증가시킴으로써, 운동선수들의 근력 강화와 훈련 후 근육 회복에 도움을 주는 방법이다(Francisco 등, 2018).

EMS는 대상자의 근육 부위에 전류, 파형, 맥동빈도, 전극배치, 자극강도 차이 등의 매개 변수를 다양하게 변조시켜 근육의 기능 향상에 도움을 주는 방법이다(Kim 등, 2022). EMS는 근육의 이완과 수축을 인위적으로 유도하는데, 특히 정상적인 신경의 지배를 받고 있는 감각 및 운동신경을 자극함으로써 더 큰 근육 활동을 발생시켜 근력과 근지구력의 개선, 근육량 증가 등에 효과를 보인다(Marc 등, 2021). EMS에 의한 근수축의 경우 지름이 큰 신경의 지배를 받는 운동단위가 먼저 활성화됨에 따라 역시 수준이 높은 근섬유의 동원이 쉽게 이루어져 근력 향상에 긍정적인 영향을 미친다(Godin 등, 2005).

인체의 특정 부위에 전기자극을 지속적이며 반복적으로 전달하여 더 높은 근수축을 유도하여 근력 향상을 향상시키고, 자극한 부위에 모세혈관의 밀도를 증가시킴으로써, 포도당 및 산소 공급을 원활하게 만드는데, 이는 피로 내성 및 산화적 대사 능력의 개선을 초래한다(Gennaro 등, 2017). EMS와 일반적인 훈련이 결합되면 순발력, 점프 능력, 근력 등 스포츠 퍼포먼스가 더욱 향상된다고 보고하였다(Marlou 등, 2015). 피부에 부착하는 패드형 전극을 이용함으로써 비침습적이고 사용이 편리하며, 중재 목적에 따라 특정한 부위의 여러 근육들을 동시에 자극할 수 있는 장점이 있다(Filipe 등, 2022). 인위적인 근수축을 유발시켜 일반 성인과 운동선수들의 근육 기능을 개선시키며, 수의적 동작이 어려운 환자들의 근 위축을 예방하기 위한 치료적 목적으로도 사용되고 있다(Lin과 Yan, 2011).

Park(2015)은 8주간의 EMS가 근육 기능과 균형 능력에 미치는 영향을 살펴보고, 다리 근력, 근지구력, 그

리고 근활성도에 효과적이라고 주장하였다. EMS는 신경학적 손상이 있는 환자들 재활에 사용될 수 있으며, 환자들의 근력 향상, 혈류개선, 근 위축방지, 조직치유, 통증에 효과가 있는 것으로 보고하였다(Doucet, 2012). Gaëlle 등(2011)은 사춘기 체조선수에게 EMS 훈련을 적용한 결과 근활성도와 점프 능력 향상을 보고하였고, Gondin 등(2011)은 건강한 성인에게 EMS를 이용한 저항훈련을 적용한 결과, 다리 근력 증가를 통한 점프 능력과 스프린트 능력 향상을 보고하였다.

따라서 본 연구의 목적은 대학교 축구선수들을 대상으로 EMS를 결합한 다리 근력 강화훈련을 적용한 후 이에 따른 넵다리네갈래근 근활성도를 측정하여 축구선수들에게 어떠한 영향을 미치는지 연구하고, 대학 축구선수들의 효율적인 훈련이나 손상방지를 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구는 전라북도 소재의 K 대학의 축구선수 30명을 대상으로 최근 3개월간 근·골격계에 이상 및 손상이 없는 선수, 시각·청각에 의학적 문제 없는 선수, 축구경력이 10년 이상인 축구선수, 신체에 수술 경력이 없는 선수, 본 연구에 자발적으로 참여하는데 동의한 자로 선정하였다.

본 연구에서는 G-power 3.1.9.4를 이용한 공분산분석을 기준으로 하여 양측 검정 유의수준 .05, 검정력 .80, 효과 크기 .50으로 계산하여 총 표본 크기는 28명으로 나왔으며, 탈락률을 고려하여 각 집단 당 15명, 총 30명으로 산출하였다. 연구기간 동안 모든 실험자들은 100%의 참석률로 시험을 완료하였다. 실험군 15명과 대조군 15명은 제비뽑기를 통하여 무작위 배정하였다.

2. 실험 도구 및 측정 방법

1) 실험 방법

연구대상자들은 대학에서 진행되는 일반적인 축구훈련을 받은 후, 부가적으로 각각의 중재를 시행하였다. 중재는 8주간, 3회/1주, 26분/1일 동안 시행하였으며, 26분은 COMPEX 8.0의 strength protocol 중재 시간이다. 실험군에게는 EMS를 결합한 다리 근력 강화훈련을 26분 시행하였고, 대조군에게는 일반적인 다리 근력 강화

훈련을 26분 시행하였다. 다리 근력 강화훈련은 런지(lunge)를 적용하였다(Figure 1).

런지는 주로 넵다리네갈래근의 원심성 수축 운동으로 넵다리네갈래근을 선택적으로 강화할 수 있으며, 신체의 무게중심을 안정면으로 이동하기 위하여 엉덩관절 전략, 발목 전략을 이용함으로써 다리 근육을 안전하게 강화시킬 수 있는 운동이다.

시선은 정면을 향하며 손은 허리에 두고 양발을 골반 너비로 벌리고 선다. 허리를 곧게 편 상태로 한쪽 다리를 70~100cm 정도 앞쪽으로 내밀고 양쪽 무릎이 90°로 굽혀질 때까지 천천히(6초 동안) 앉았다 일어선다. 앞쪽에 있는 발은 지면에 편평해야 하며 뒤쪽에 있는 발은 뒤꿈치를 지면에서 들어올려야 한다. 또한 앞쪽 무릎이 두 번째 및 세 번째 발가락 바로 위에 있도록 해야 한다(Gulcan 등, 2014).

실험군에게는 EMS를 결합한 다리 근력 강화훈련을 진행하기 위해, COMPEX SP 8.0 wireless(Medicompex SA, SWISS)을 사용하였다(Figure 2). 훈련 시간은 총 26분으로 진행되고, EMS strength protocol을 이용하여 월업 200초 5Hz, 근육 수축 6초 75~100Hz & 근육 이완 20초 4Hz x 40회(1040초), 회복 320초 3Hz로 구성되며, Ander 등(2019)은 근육의 피로 없이 근수축을 위한 자극강도는 50~100Hz 정도로 제시하였다.

COMPEX mi-ACTION 기능을 통해 운동하는 6초 동안 근육의 움직임 감지하여 근육의 강력한 전기적 수축을 유도하며, 운동의 강도는 mi-SCAN 기능을 통하여 운동하기 전에 근육을 스캔하고 해당 부위의 생리학적 상태에 따라 자극강도가 결정된다(Filipe 등, 2022). 또한 이상성 사각 대칭파를 200~400 μ s 단위로 자극하여, 높은 자극을 하더라도 매우 안전하며 편안한 느낌을 제공한다.

본 연구는 넵다리네갈래근의 근력 강화를 위하여 5x5 접지전극 두 개와 5x10 접지전극 한 개, 총 3개를 부착하였다. 5x5 접지전극은 각각 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 운동점에 부착하였고, 5x10 접지전극은 넵다리곧은근의 운동점에 부착하였다(Figure 1).

2) 측정 방법

다리 근활성도를 측정하기 위해 무선 표면 근전도 시스템(BTS FREE EMG, BTS Bioengineering, Italy)과 데이터 분석 프로그램(Myolab 1.12.129 software, BTS Bioengineering, Italy)을 사용하여 데이터 수집 및 분석을 진행하였다(Figure 3). 표면 전극을 측정하고자 하는 근육의 중앙 부위에 부착하였으며, 중재 전·후



Figure 1. EMS combined lower limb strengthening training



Figure 3. Surface EMG (BTS Free EMG)

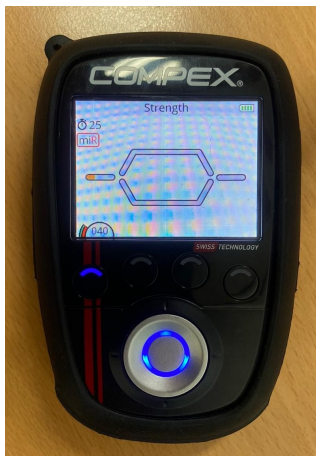


Figure 2. COMPEX SP 8.0

다리 근활성도를 측정하여 비교 분석하였다. 근 활성도의 필터링을 위하여 주파수 대역폭은 20~500Hz로 설정하였고, 구간설정을 50%로 설정하였다. 수집된 신호는 근전도 신호의 실질적인 출력값에 가까운 RMS처리를 하였다.

표면 근전도 신호에 대한 피부 저항을 감소시키기 위하여 부착 부위의 털을 제거하고 가는 사포로 3~4회 문질러 피부의 각질층을 제거한 후, 소독용 알코올 솜으로 피부를 깨끗이 정리하였다. 근육들의 활동전위를 표준화하기 위해 맨손 근력검사 자세에서 최대 등척성 수축 시의 근활성도를 측정하였다. 5초 동안 3번의 자료 값을 측정한 후 초기와 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 %MVIC로 사용하였다.

각각의 측정 사이에 근 피로도를 최소화하기 위해서 5초 동안의 휴식시간을 주었다. 측정 근육은 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 넓다리곧은근이며, 전극을 근 힘살의 중앙에 근섬유 방향과 평행하게 부착하였다. 넓다리네갈래근은 축구에서 점프, 킥, 태클, 속도 및 방향전환을 할 때 동

원되는 근육이므로 신체균형과 조정력을 유지하여 경기력을 향상시키는데 중요한 역할을 하고 있다(Coratella 등, 2018).

3. 분석 방법

본 연구의 결과 분석은 Window SPSS 24.0 프로그램을 이용하여 처리하였다. 연구대상자의 동질성 검증을 위하여 Shapiro-wilk를 실시하였고, 중재 방법에 따른 다리 근활성도를 비교하기 위하여 공분산분석(analysis of covariance; ANCOVA)을 실시하였다. 공변량은 실험군과 대조군의 훈련 전 초기값으로 설정하였으며, 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자는 30명으로 그룹 I은 평균 연령 21.22세, 평균 신장 175.87cm, 평균 체중 68.30kg, 평균 경력은 10.20년이였다. 그룹 II는 평균 연령 22.02세, 평균 신장 176.04cm, 평균 체중 69.20kg, 평균 경력은 11.01년이였다. 연구대상자의 일반적 특성에 대한 각 집단 간 유의한 차이를 나타낸 연구변수는 없었으므로 집단 간 정규성 분포를 보여 집단은 서로 동일한 것으로 나타났다(Table 1).

2. 다리 근활성도 비교

그룹 간의 중재 전·후 가쪽넓은근 근활성도 비교에서 실험군은 38.22 ± 4.54 에서 46.92 ± 4.66 으로 안쪽넓은근 근활성도 비교에서 실험군은 35.41 ± 3.86 에서 41.24

±4.14로 넓다리곧은근 근활성도에서 실험군은 27.12 ±2.97에서 31.66±3.32로 대조군과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(Table 2).

Table 1.
Characteristics of subjects

	EG(n=15)	CG(n=15)	p
Age(yrs)	21.22±1.21 ^a	22.02±1.78	.58
Height(cm)	175.87±9.22	176.04±8.71	.33
Weight(kg)	68.30±6.67	69.2±7.22	.14
Career(yrs)	10.20±1.43	11.10±1.78	.47

^aMean±SD, EG: EMS combined lower extremity strengthening training, CG: general lower extremity strengthening training

Table 2.
Comparison of muscle activity between groups

	pre-test		post-test		F
	EG	CG	EG	CG	
VL	38.22±4.54 ^a	37.92±4.28	46.92±4.66	41.11±4.72	6.24*
VM	35.41±3.86	34.04±3.71	41.24±4.14	37.52±3.89	8.88*
RF	27.12±2.97	27.05±2.79	31.66±3.32	29.48±3.51	5.05*

^aMean(mV)±SD, *p<.05, EG: EMS Combined Lower Extremity Strengthening Training, CG: General Lower Extremity Strengthening Training, VL: Vastus medialis, VM: Vastus lateralis, BF: Rectus femoris

IV. 고찰

축구경기 중에 일어나는 빠른 속도를 위해서는 빠른 단축 속도를 생성하는 능력이 필요하며, 폭발적인 다리 근력이 우수하다면 빠른 속도 및 방향전환을 하는데 있어서 매우 유리하다(Marco 등, 2018). 체력에는 근력, 근지구력, 심폐지구력, 신체조성, 유연성으로 구성되어 있는데, 축구선수들에게는 폭발적인 다리의 힘을 이용하여 도약 및 순간적인 능력을 발휘하게 하는 다리의 근력은 경기력을 좌우하는 중요한 요인 중 하나이다(Song 등, 2017).

축구선수가 공을 슈팅하고 패스할 때, 점프하거나 방향을 바꾸는 등 원하는 기술과 움직임을 수행하고 불안정성과 기술 부진을 피하기 위해서도 강한 다리 근력이 필요하다(Lockie 등, 2016). 또한 패스, 슛, 몸싸움 등

높은 수준의 기술과 다양하고 복잡한 전술을 수행해야 하기 위해서는 빠르고 강한 다리 근력이 뒷받침이 되어야 한다(Ham, 2015).

EMS는 운동신경 세포를 촉진하여 근육을 강화시키는 데 유용한 도구로 활용될 수 있으며, 신체구조와 기능 회복에 긍정적 영향을 미친다(Levine 등, 2013). 본 연구에서는 8주간의 EMS를 결합한 다리 근력 강화훈련이 대학교 축구선수의 다리 근활성도에 미치는 영향을 알아보고 대학교 축구선수를 대상으로 그 효과를 규명함으로써 대학 축구선수들에게 보다 더 나은 훈련 방법의 가능성을 제시하기 위해 다음과 같이 논의하고자 한다.

Kim(2015)은 일반 성인 여성 16명을 대상으로 8주 동안 EMS를 적용한 필라테스를 중재한 후 근육량을 비교한 연구를 하였는데, EMS를 활용한 필라테스 운동이 일반적인 필라테스 운동에 비해 근육량 향상에 유의한 차이를 보였다.

일반적인 훈련 시에는 작은 축삭부터 흥분되어 type I 근섬유부터 수축하는 것과 달리 EMS 훈련 시에는 큰 축삭일수록 전기자극에 쉽게 노출될 수 있기 때문에 순차적인 패턴이 아닌 무작위적인 운동단위의 동원이 나타나게 되고 결과적으로 근섬유의 특성과 관계없이 동시다발적으로 많은 근섬유가 동원되게 된다(C Scott 등, 2011).

Park(2015)은 일반 남성 30명을 대상으로 8주 동안 EMS를 적용한 다리 등장성 운동을 적용한 결과, 다리 굵힘과 폼의 최대토크 및 평균 파워에서 유의한 차이를 보였다. Park과 Yoon(2014)은 EMS를 적용하여 훈련하였을 때, 근력이 18~36% 정도 증가되는 것을 보고하였다.

본 연구에서도 위의 선행연구와 마찬가지로 EMS를 적용한 그룹에서 다리 근활성도에서 유의한 차이를 보였다. 이는 정상적인 신경 지배를 받고 있는 근육과 운동신경 및 감각신경을 자극하여 수의적 운동을 할 때 보다, 더 큰 근육의 수축능력을 생성시킴으로써 근력 향상에 긍정적인 영향을 미쳤다고 생각한다.

EMS는 다양한 형태로 근육의 활동과 운동 수행능력 변화를 촉진시킨다(Marlou 등, 2015). Gaëlle 등(2011)은 사춘기 전 체조선수 16명을 대상으로 6주 동안 EMS를 적용한 그룹이 일반적인 운동을 적용한 그룹에 비해서, 수직 점프 높이와 무릎 폼근 토크에서 유의한 차이를 보였고, Nicolas 등(2007)은 엘리트 럭비선수 25명을 대상으로 12주간 무릎 폼근, 발바닥 굽힘근, 엉덩이 굽힘근에 EMS를 적용한 결과, 스프린트 속도와 수직 점프 높이에 유의한 차이를 보였다.

Manibhadra 등(2022)은 배드민턴 선수 90명을 대상

으로 4주 동안 플라이오메트릭 훈련을 중재한 그룹, EMS를 중재한 그룹, 일반적인 운동 그룹으로 분류하여 비교한 연구에서 플라이오메트릭 훈련을 중재한 그룹과 EMS를 중재한 그룹에서 점프 능력 향상에 유의한 차이를 보였다.

일반적인 훈련에 비해 type II 근섬유 동원에 있어 유리하다는 특징이 있기 때문에, 순간적이고 폭발적으로 힘을 발생시키는 type II 근섬유가 EMS 훈련 시 동원되고 훈련된 결과로 운동 수행능력이 향상된 것으로 생각된다. 본 연구에서는 EMS를 적용한 후, 다리 근활성도를 측정하였고, 선행연구에서는 스프린트, 점프같은 기능적 능력을 측정하였지만, 다리 근력은 순간적인 방향 전환, 스프린트 속도, 점프력과 같은 축구에 중요한 기술에서 영향을 미친다고 보고하였다(Wisloff 등, 2004).

Filipe 등(2022)은 일반인 20대 남성 40명을 대상으로, EMS를 중재한 그룹, 근력 운동을 중재한 그룹, EMS와 근력 운동을 같이 중재한 그룹으로 분류하여 비교한 연구에서 모든 그룹에서 팔꿈치 굽힘근 두개의 유의한 차이를 보였지만 특히 EMS와 근력 운동을 같이 중재한 그룹에서 더 큰 유의한 차이를 보였다. Andre 등(2019)은 축구선수 28명을 대상으로 EMS를 결합한 스쿼트 훈련을 중재하였을 때, type II 근섬유 직경이 비대해졌다고 보고하였으며, EMS를 12주 이상 적용하게 되면 전기 자극강도에 따라 근육 섬유의 유형이 변화될 수 있다고 하였다.

본 연구에서도 EMS를 적용한 그룹에서 다리 근활성도에 유의한 차이를 보였다. EMS는 특히 근력 강화 운동이나 플라이오메트릭 운동과 같이 결합하여 훈련하면 운동 수행능력이 더욱 향상된다고 하였다(Kayvan와 Nicola, 2011). Benjamin 등(2012)은 EMS와 훈련을 같이 중재하였을 때, 인체 내 골격근의 단백질 합성 속도를 빠르게 자극한다고 보고하였고, Marlou 등(2015)은 단백질 분해 효소와 관련된 핵심 유전자 mRNA의 발현 비율이 감소한다고 하였다.

본 연구의 제한점으로 연구대상자는 전라북도 지역 소재의 대학팀에 소속된 남자 축구선수로 한정하여 모든 축구선수에게 일반화하기 어려웠으며, 대상자의 팀 훈련·개인 훈련의 훈련량을 통제하지 못하여 연구에 미치는 영향을 배제하기 어려웠다.

추가적으로 연구대상자의 심리적, 생리적, 환경적 특성을 통제하지 못하였다. 앞으로 본 연구를 바탕으로 EMS와 짧은 시간 내에 진행되는 효율적인 고강도 인터벌 훈련을 결합하여, 근활성도와 기능적 능력을 분석하여 효과를 확인하는 연구가 필요하다.

V. 결론

본 연구는 대학교 엘리트 축구선수 30명을 대상으로 마사지, 신장운동 그리고 안정화 운동의 효과를 비교하기 위해 두 군으로 무작위 배정하여 중재 프로그램을 8주간 실시하였고 평가는 실험 전, 8주 후에 실시하였다. 그에 따른 결론은 다음과 같다.

1. 다리 근활성도 비교에서 EMS를 결합한 다리 근력 강화훈련 그룹과 일반적인 다리 근력 강화훈련 그룹에 비해 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

본 연구는 축구선수를 대상으로 EMS를 결합한 다리 근력 강화훈련을 8주 동안 실시한 후 다리 근활성도에 미치는 영향을 분석한 결과, EMS를 결합한 다리 근력 강화훈련이 다리 근활성도 향상에 더 효과적임을 알 수 있었다.

축구선수들에 있어서 짧은 시간 안에 효율적이고 효과적인 훈련 방법으로 생각되며, 축구선수의 다리 근활성도 향상을 통하여 경기력에 긍정적인 영향을 미치는 훈련 방법으로 제안할 수 있겠다.

참고문헌

- Amir B, Bahman M. The periodization of resistance training in soccer players: Changes in maximal strength, lower extremity power, body composition and muscle volume. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018;58(9):1218-1225. <https://doi:10.23736/S0022-4707-17.07129-8>
- Andre F, Markus D, Marijke G. Superimposed whole-body electrostimulation augments strength adaptations and Type II myofiber growth in soccer players during a competitive season. *Front Physiol*. 2019;23 (10):1187. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01187>
- Benjamin TW, Marlou LD, Lex BV. Neuromuscular electrical stimulation increases muscle protein synthesis in elderly type 2 diabetic men. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2012;303 (5):E614-623. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00138.2012>
- Choi HH, Lee DJ, Yu YK. The effect of lower limb training program on maximum muscular

- strength of lower limb and physical fitness of university soccer player. *The Korean Journal of Growth and Development*. 2013;21(2):83-89.
- Coratella G, Beato M, Schena F. Correlation between quadriceps and hamstrings inter-limb strength asymmetry with change of direction and sprint in U21 elite soccer-players. *Hum Mov Sci*. 2018;59:81-87. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.03.016>
- C Scott B, Chris MG, Jesse CD. Motor unit recruitment during neuromuscular electrical stimulation: A critical appraisal, *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(10):2399-2407. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2128-4>
- Doucet BM, Lam A, Griffin L. Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. *Yale J Biol Med*. 2012;85:201-215.
- Ferley DD, Scholten S, Vukovich MD. Combined sprint interval, plyometric, and strength training in adolescent soccer players: Effects on measures of speed, strength, power, change of direction, and anaerobic capacity. *J Strength Cond Res*. 2020;34(4):957-968. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003476>
- Filipe M, João A, Eduardo M. Changes in muscle thickness after 8 weeks of strength training, electromyostimulation, and both combined in healthy young adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;8-19(6):3184. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063184>
- Francisco AG, Alejandro DLO, Guillermo SD, et al. Functional exercise training and undulating periodization enhances the effect of whole-body electromyostimulation training on running performance. *Front Physiol*. 2018;13(9):720. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00720>
- Gaëlle D, Carole C, Anaïs F, et al. Effects of combined electromyostimulation and gymnastics training in prepubertal girls. *J Strength Cond Res*. 2011;25(2):520-526. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bac451>
- Gennaro B, Alessandro F, Aldo S, et al. Oxygen consumption and muscle fatigue induced by whole-body electromyostimulation compared to equal-duration body weight circuit training. *Sport Sciences for Health*. 2017; 13:121-130. <https://doi.org/10.1007/s11332-016-0335-4>
- Gondin J, Cozzone PJ, Bendahan D. Is high-frequency neuromuscular electrical stimulation a suitable tool for muscle performance improvement in both healthy humans and athletes? *Eur J Appl Physiol*. 2011;111:2473-2487. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2101-2>
- Gondin J, Guette M, Ballay Y. Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(8):1291-1299. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000175090.49048.41>
- Gulcan H, A Ruhi S, Hayri et al. Effect of gender on the quadriceps-to-hamstrings coactivation ratio during different exercises. *J Sport Rehabil*. 2014;23(1):36-43. <https://doi.org/10.1123/jsr.2012-0120>
- Ham SH. The relationship between athletic performance and the level of physical fitness and basic skills among youth soccer teams. *The Korean Journal of Sport Coaching*. 2015;1(1):28-37.
- Jan E, Werner K, Armin S, et al. Time before return to play for the most common injuries in professional football: A 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. *Br J Sports Med*. 2020;54(7):421-426. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100666>
- Javier N, Luis SA, Moisés DH, et al. Strength training in professional soccer: Effects on short-sprint and jump performance. *Int J Sports Med*. 2022;43(6):485-495. <https://doi.org/10.1055/a-1653-7350>
- Kayvan S, Nicola M. Effect of electromy-

- ostimulation training on muscle strength and sports performance. *Strength Cond J*. 2011;33(1):70-75. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3182079f11>
- Kim JB, Park JS, Yang JG, et al. Effects of 8-week electromyostimulation training on upper-limb muscle activity and respiratory gas analysis in athletes with disabilities. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;20(1):299. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010299>.
- Kim JK. The Effect of 8-week Pilates Exercise with EMS on Arterial Stiffness and Body Composition in Females. Daegu University. Doctor Thesis. 2015.
- Levine M, McElroy K, Stakich V, et al. Comparing conventional physical therapy rehabilitation with neuromuscular electrical stimulation after TKA. *Orthopedics*. 2013;36(3):e319-e324. <https://doi.org/10.3928/01477447-20130222-20>
- Lin Z, Yan T. Long-term effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for promoting motor recovery of the upper extremity after stroke. *J Rehabil Med*. 2011;43(6):506-510. <https://doi.org/10.2340/16501977-0807>
- Lockie RG, Schultz AB, Callaghan SJ, et al. The relationship between dynamic stability and multidirectional speed. *J Strength Cond Res*. 2016;30(11):3033-3043. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a744b6>
- Manibhadra P, Moattar RR, Ankita S, et al. Effect of electromyostimulation and plyometrics training on sports-specific parameters in badminton players. *Sports Med Health Sci*. 2022;4(4):280-286. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2022.08.002>
- Marco B, Mattia B, Giuseppe C, et al. Effects of plyometric and directional training on speed and jump performance in elite youth soccer players. *J Strength Cond Res*. 2018 ;32(2):289-296. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002371>
- Marc T, Melina H, Boris S, et al. Four weeks of electromyostimulation improves muscle function and strength in sarcopenic patients: A three-arm parallel randomized trial. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2021;12(4):843-854. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12717>
- Marlou LD, Dominique H, Aimé VA, et al. Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle wasting in critically ill comatose patients. *Clin Sci*. 2015;128(6):357-365. <https://doi.org/10.1042/CS20140447>
- Martin H, Markus W, Jan E. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: The UEFA injury study. *Am J Sports Med*. 2013;41(2):327-335. <https://doi.org/10.1177/0363546512470634>
- Morgans R, Orme P, Anderson L, et al. Principles and practices of training for soccer. *J Sport Health Sci*. 2014;3(4):251-257. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.07.002>
- Murat E, Özlem Ü. The acute effects of cognitive-based neuromuscular training and game-based training on the dynamic balance and speed performance of healthy young soccer players: A randomized controlled trial. *Games Health J*. 2021;10(2):121-129. <https://doi.org/10.1089/g4h.2020.0051>
- Nicolas B, Gilles C, Michel B, et al. Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *J Strength Cond Res*. 2007;21(2):431-437. <https://doi.org/10.1519/R-19365.1>
- Park JL. The Effect of Electrical Muscle Stimulation on the Muscular Function and Balance Ability. Kyunghee University. Doctor Thesis. 2015.
- Park SK, Yoon SJ. Effects of Electrical cross-training on cross section area and muscle strength following cast immobilization of quadriceps muscles. *Korean Journal of Physical Education*. 2015;54(5):781-790
- Song CH, Kim KH, Ko MS. Effects of an

strengthening legs exercise program on lower extremity strength and balance in soccer players with intellectual disabilities. The Korean Society of Sports Science. 2017;26(3):1215-1225. <https://doi.org/10.35159/kjss.2017.06.26.3.1215>

Wisløff U, Castagna C, Helgerud J, et al. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. Br J Sports Med 2004;38:285-288. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>

Yoon KH, Ji CJ, Park JS, et al. The effect of the frequency of whole body vibration on power and jump performance capability of lower limb. Journal of Sport and Leisure Studies. 2014;56:877-884. <https://doi.org/10.51979/KSSLS.2014.05.56.877>

논문접수일(Date received) : 2023년 07월 10일
논문수정일(Date Revised) : 2023년 07월 13일
논문게재확정일(Date Accepted) : 2023년 08월 01일