

경두개직류자극을 결합한 동적 신장운동이 축구선수의 다리 근활성도와 점프수행력에 미치는 영향

김 제 호[†]

[†]세한대학교 물리치료학과 교수

Effects of Dynamic Stretching Exercise Combined with Transcranial Direct Current Stimulation on Lower Extremity Muscle Activity and Jump Performance in Soccer Player

Kim Jeho, PT, Ph.D[†]

[†]*Dept. of Physical Therapy, Sehan University, Professor*

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to provide the effective method for exercise therapy in soccer player.

Methods : 30 soccer players were recruited for subjects. The subjects were divided to dynamic stretching exercise combined tDCS (Group I), dynamic stretching exercise combined Sham-tDCS (Group II) of which 15 subjects were randomly allocated. The subjects were given 3 hour of soccer skill and performance and additionally given 20 minutes of dynamic stretching exercise combined tDCS and sham-tDCS for each group, five times a week, for 6 weeks. Their muscle activity and jump performance were analyzed before the intervention. After 6 weeks of the intervention, the mentioned parameters were measured once more for between-group analysis.

Results : Comparative analysis of the muscle activity and jump performance between the groups I and groups II showed statistically significant difference.

Conclusion : Such results revealed that dynamic stretching exercise combined with tDCS is effective in muscle activity and jump performance. Based on the current study, more effective program is to be proposed for neurologic and musculoskeletal disorder as well as soccer player. Based on the current study, studies that incorporates various combine of variable is required for development of effective tDCS program.

Key Words : dynamic stretching, jump performance, muscle activity, soccer player, tDCS

[†]교신저자 : 김제호, albam20@naver.com

논문접수일 : 2019년 11월 18일 | 수정일 : 2019년 12월 2일 | 게재승인일 : 2019년 12월 6일

※ 본 연구는 2019년도 세한대학교 교내연구비 지원에 의해 이루어졌음.

I. 서론

점프수행력(Jump performance)은 신체 근육들을 이용하여 제자리에서 무게 중심점을 수직 방향으로 이동할 수 있는 능력으로, 높은 점프수행력은 축구 경기의 승패를 좌우하는 중요한 요소이다(Garstecki 등, 2004). 수직 점프는 스포츠 선수들의 기능적 능력을 평가하는 객관적인 도구이며 높은 수직점프를 수행하기 위해서는 팔, 다리 운동협응과 운동단위 동원, 관절의 안정성, 근력 등 다양한 신체 계통의 상호작용이 요구된다(Bui 등, 2015). 수직 점프 시 근육은 근섬유의 신장이 선행되어 탄성에너지를 축적한 뒤 동심성 수축으로 힘을 발생하는 신장-단축 주기(stretch-shortening cycle)를 통해 수행되며(Jakobsen 등, 2012), 축구선수들의 높은 수직점프 수행력은 넵다리네갈래근, 장딴지근, 큰볼기근의 근활성도와 높은 상관관계를 보였다(Bogdanis & Kalapotharakos, 2016; Comfort 등, 2014). 준비운동(warm-up)은 경기 전 강한 신장-단축 주기의 수행력을 증가시켜 경기력 향상과 부상 예방을 목적으로 고안되었으며 대표적인 준비운동으로 신장이 중재되고 있다(Caliskan 등, 2019; Kallerud & Gleeson, 2013).

신장은 근섬유의 직렬 탄성요소와 병렬 탄성요소의 단백질구조에 영향을 주어 점탄성을 감소시키고, 근육과 힘줄 등과 같은 결합조직의 길이를 증가시키며 대표적인 신장 방법으로 정적신장과 동적신장이 있다(Behm & Chaouachi, 2011). 정적신장은 목표한 근육의 관절가동범위 끝 지점에서 15~60초간 유지하여 유연성을 향상시키지만, 운동신경의 민감성과 운동단위 동원을 감소시켜 근력, 기민성, 반응속도 등 운동수행력의 감소를 보였다(McHugh & Cosgrave, 2010). 동적신장(dynamic stretching; DS)은 근육이 신장된 자세에서 반동(bouncing movement)을 시행하여 작용근과 대항근의 반복적인 신장운동이 일어날 수 있도록 고안된 방법이다. 동적신장은 심박동수와 근육온도의 상승으로 조직 내 점성을 감소시켜 관절가동범위의 증가와 근육-힘줄 단위(muscle-tendon unit)의 강성(stiffness)을 감소시킨다(Herda 등, 2008; Mahieu 등, 2007). 또한 활동전위의 흥분성 증가로 운동단위 동원과 알파운동신경세포의 활성을 증가시켜 운동수행력

을 강화한다(Fletcher & Monete-Colombo, 2010). Yang과 Jeong(2013)은 정적신장과 동적신장의 비교 연구에서 동적신장 중재그룹에서 근활성도와 점프수행력의 향상을 보고하였고, Amiri-Khorasani와 Kellis(2013)은 축구선수를 대상으로 동적신장을 중재한 결과 안쪽차기(instep kick) 시 근활성도가 증가하였다. 또한 Costa 등(2014)은 동적신장과 정적신장을 비교한 연구에서 동적신장 중재그룹에서 근육 불균형의 감소와 근력이 향상되었다.

최근 운동기능 향상 및 통증 감소 등을 목적으로 경두개직류자극(transcranial direct current stimulation; tDCS)과 경두개자기자극(transcranial magnetic stimulation; TMS) 등과 같은 비침습적 전기 뇌 자극훈련이 제시되고 있다(Choi, 2015). 비침습적 전기 뇌 자극훈련은 안전하게 기능적 가역성을 증가시킬 수 있으며, 전기자극으로 대뇌겉질의 일차운동영역(M1)에 흥분성을 증가시켜 운동신경세포의 신경연결망을 강화한다(Angius 등, 2017). 경두개직류자극은 1~2 mA의 약한 전류를 표면전극을 통해 머리 표면에 전류를 흐르게 하며 환자의 순응도가 높고 다른 치료와 병행할 수 있는 장점이 있다(Thibaut 등, 2013). Kamali 등(2019)은 12명의 보디빌더를 대상으로 tDCS를 중재한 결과 넵다리네갈래근의 근력과 근활성도가 증가되었으며, Vargas 등(2018)은 여자 축구선수 20명을 대상으로 tDCS를 중재한 그룹과 거짓 tDCS를 중재한 그룹으로 나누어 2주 동안 중재한 결과 넵다리네갈래근의 근활성도에 유의한 차이를 보였다. 또한 Kaminski 등(2016)은 26명의 건강한 성인을 대상으로 tDCS 그룹과 거짓tDCS 그룹을 비교한 결과 tDCS 그룹에서 동적 균형능력이 향상되었고, Fernandez-Lago 등(2017)은 파킨슨 환자 80명을 대상으로 tDCS를 결합한 트레이드밀 훈련군이 일반 트레이드밀 훈련군과 비교하여 가자미근의 근활성도와 보행속도가 증가되었다. Park 등(2019)은 경추성 두통 환자 36명을 대상으로 tDCS군, 목 안정화 훈련군, tDCS를 결합한 목 안정화 훈련군으로 나누어 4주 동안 중재한 결과 tDCS를 결합한 목 안정화 훈련군에서 근육의 긴장도 및 목 장애지수의 감소를 보였다.

경두개직류자극은 신경계 및 근육뼈대계 질환과 운동선수 등 다양한 분야에서 근력, 근활성도, 균형 등의 향상을 목적으로 중재되고 있지만 비교적 최근의 중재방법이기 때문에 아직 연구가 부족한 실정이다. 또한 스포

츠선수들의 경기력 향상 및 부상예방을 위한 동적신장과 경두개직류자극을 결합하여 효과를 규명한 연구 또한 미비한 실정이다. 이에 본 연구의 목적은 경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동이 축구선수의 다리 근활성도와 점프수행력에 미치는 영향을 분석하여 축구선수들의 운동수행력 향상을 위한 효율적인 준비운동 방법을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구는 2019년도 00대학교 교내연구비 지원에 의해 연구되고 있으며, 2018년 10월부터 2019년 1월까지 4개월 간 전남 소재 S대학교에 재학 중인 대학 축구선수 중 연구내용과 목적을 듣고 연구 참여동의서를 작성한 32명의 대상자를 선정하였다. 세부적인 선발기준은 다리에 정형외과적 수술병력이 없는 선수, 다른 내외관적 질환이 없는 선수, 완전한 체중지지가 가능한 선수, 감각 및 운동장애가 없는 선수이다. 본 연구에서 설정한 기준에 적합한 축구선수 30명을 대상으로 경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군(Group I), 거짓-경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군(Group II)으로 분류하여

각 그룹 별로 15명씩 무작위 배치하였다(Table 2).

2. 중재방법

1) 경두개직류자극

경두개직류자극은 뇌파검사시스템(Halo sport, Halo Neuroscience, USA) 장비를 이용하여 중재하였다. 표면전극은 머리 표면과 접촉되어 있으며 전기적 저항을 감소시키기 위해 겔을 사용하고 크기는 6.4 x 4.4 cm이며 24 cm²의 영역에서 직류전류를 전달한다. 부착부위는 10-20 국제 뇌파검사 시스템(International 10-20 system)에 따라 일차운동영역(primary motor cortex)인 C3, C4, Cz 부위에 자극하였다(Fig 1 A). 자극은 총 1회 20분, 전류강도 2.0 mA, 최대전류밀도 0.071 mA/cm²로 설정하여 주 5회, 6주 동안 시행하였다. 경사증가시간(ramped up)과 경사감소시간(ramped down)은 30초 이내로 설정하였으며 19분 동안 일정강도의 직류전류를 지속적으로 전달한다(Gandiga 등, 2006). 경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군(Group I)은 동적신장을 시행하는 동안 지속적으로 직류전류를 자극하였고, 거짓-경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군(Group II)은 동적신장을 시행하는 동안 장비를 착용한 상태에서 직류전류의 자극을 제공하지 않았다(Fig 1 B).



Figure 1. Location of tDCS stimulation(A) and method of tDCS + DS(B)

2) 동적신장

동적신장은 Dalrymple 등(2010)의 연구를 바탕으로 발

바닥굽힘근, 넙다리내갈래근, 뒤넙다리근, 엉덩관절 편근의 근육을 신장하는 운동으로 구성하였다. 동적신장의

운동방법은 총 4항목으로 구성하였으며 각각의 동작을 수행한 후 20초의 휴식을 제공하였다. 동적신장은 2세트

총 20분 간 시행하였으며 구체적인 프로그램은 아래와 같다(Table 1)(Fig 2).

Table 1. Dynamic stretching protocol

Exercise	Description
Calf raises	While walking, subject raises one foot off floor, keeping knee extended, and dorsiflexes ankle. At heel strike, subject performs plantar flexion of same ankle while opposite foot rises off floor and performs same actions as the previous ankle. Stretch occurs in calf of dorsiflexed ankle.
Slow butt-kicks	While walking, subject kicks foot back, flexing the knee, until foot reaches the buttocks. Subject places foot back onto floor and opposite leg performs same action. Stretch occurs in quadriceps of flexed knee.
Leg swing to opposite hand	While walking, subject takes a step with right leg while swinging left leg forward. Left leg touches right hand while keeping the knee extended. This leg is then brought down to floor and opposite leg performs same action. Stretch occurs in hamstrings of swinging leg.
Knee tuck	While walking, subject takes a step with right leg, while picking up left leg and using hands to squeeze flexed knee to the chest. Pausing for a count of 1 second, subject lets go of knee and lifts up opposite leg to perform same action. Stretch occurs in hip extensors of flexed leg.

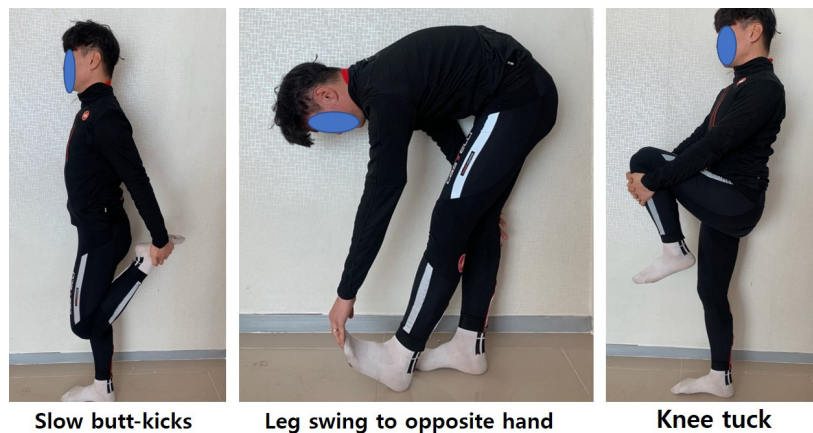


Figure 2. Method of dynamic stretching

3. 측정방법

1) 표면근전도

(1) 근활성도 신호의 수집

다리근활성도를 측정하기 위해 표면근전도 시스템(MP100, Biopac System Inc, USA)을 이용하였고, 디지털 신호로 변환된 자료는 개인용 컴퓨터에서 Acqknowledge 3.91 소프트웨어를 이용하여 자료 처리하였다. 표면근전도 신호에 대한 피부저항을 최소화 위해 부착 부위에 털

을 제거하고 가는 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거한 후, 소독용 알코올 솜으로 피부를 깨끗이 하였다. 부착 근육은 넙다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 장딴지근에 부착하였고 이극 전극(bipolar electrode)은 측정하고자 하는 근육의 근힘살에 근섬유의 방향과 평행하게 부착하였다. 신호의 표본추출률(sampling rate)은 1,024 Hz로 설정하였고, 잡음을 최소화하기 위하여 대역여과 필터(notch filter) 60 Hz, 대역통과 필터(band pass filter) 30 ~500 Hz를 사용하였고, 수집된 신호는 Root

mean square(RMS) 처리를 하였다(Fig 2).

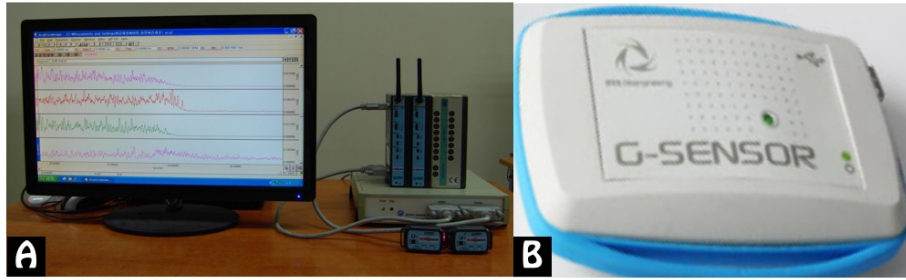


Figure 2. Measurement unit: sEMG(A) and G-jump(B)

(2) 근활성도의 표준화

본 연구에서는 근활성도를 표준화하기 위해 특정 동작의 근수축을 기준 수축(Reference voluntary contraction; RVC)으로 하여 이를 표준화하는 % 기준수축(% RVC)방법을 이용하였다. 낮은 웅크리기 자세를 5초 유지하는 동안 측정 근육들의 근활성도를 측정된 뒤 처음과 마지막 1초씩을 제외한 3초의 신호를 분석하여 RVC값을 산출하였고, 수직 점프를 하는 동안 측정된 근활성도 값과 비교하여 % RVC값을 산출하였다. 근활성도의 자료는 3회 측정하여 얻은 결과의 평균값을 이용하였다.

2) 점프수행력 측정

점프수행력을 측정하기 위해 점프수행력 측정장비(G-jump, BTS, 이탈리아)를 이용하여 측정하였다. G-sensor를 대상자의 요추 5번 부위에 고정한 후 점프 시 위치, 방향, 속도를 초당 2004 Hz로 감지하였다. 이렇게 측정된 자료는 개인용 컴퓨터에 내장된 G-studio 소프트웨어를 통해 분석하였다. 측정 프로토콜은 CMJ (counter movement jump)를 사용하였고, 자료는 3회 측정하여 얻은 결과의 평균값을 이용하였다(Fig 2).

4. 분석방법

본 연구의 자료처리는 Window용 SPSS Ver 19.0을 사용하였다. 그룹 간 정규성 검증을 위해 Kolmogorov-Smirnov test를 시행하였고 집단 간 중재 전·후에 근활성도, 점프수행력을 비교하기 위하여 독립표본 t-검정을 실시하였으며, 집단 내 중재 전·후 근활성도와 점프수행력을 비교하기 위해 대응표본 t-검정을 이용하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 연구 대상자들의 일반적 특성

연구대상자들의 일반적 특성에 대한 정규성 검정에서 각 그룹 간 통계학적으로 유의한 차이를 나타내는 변수가 없었으므로 등분산성을 이루어 두 그룹이 동일한 것으로 나타났다(Table 2).

Table 2. General characteristics of the subjects

(n=30)

	Group (n=15)	Group (n=15)	t	p
Age (years)	23.10±1.36 ^a	23.03±0.95	.119	.420
Height (cm)	174.30±5.78	173.69±4.29	.256	.791
Weight (kg)	72.82±4.68	75.15±3.64	.153	.775
Gender (male/female)	15/0	15/0		

^aM±SD; mean±standard deviation, Group I; tDCS+dynamic stretching exercise, Group II; Sham-tDCS+dynamic stretching exercise

2. 중재 방법에 따른 그룹 간 근활성도 비교

경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군(Group I) 과 거짓-경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군

(Group II)의 중재 전·후 그룹 간 근활성도 변화를 비교 분석한 결과, 넓다리곧은근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 장딴지근에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p<.05$)(Table 3).

Table 3. Comparison of muscle activity between group (unit: %)

	Group (n=15)		Group (n=15)		t	p
	Pre	Post	Pre	Post		
RF	11.01±1.69	25.64±3.84	12.74±1.92	21.67±4.01	11.28	.04*
VM	20.48±2.78	42.31±5.01	21.78±2.46	36.56±4.73	19.49	.01*
VL	28.38±2.36	51.04±6.17	26.56±2.13	47.41±5.87	23.15	.01*
GCM	30.25±6.37	50.28±5.04	29.64±7.35	46.67±4.98	18.95	.01*

* $p<.05$, Group I ; tDCS+dynamic stretching exercise, Group II ; Sham-tDCS+dynamic stretching exercise, RF; Rectus femoris, VM; Vastus medialis, VL; Vastus lateralis, GCM; Gastrocnemius

3. 중재 방법에 따른 그룹 내 근활성도 비교

경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군(Group I) 과 거짓-경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군

(Group II)의 중재 전·후 그룹 내 근활성도 변화를 비교 분석한 결과 Group I 과 Group II 모두 그룹 내 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<.05$, $p<.01$, $p<.001$)(Table 4).

Table 4. Comparison of muscle tone within group (unit: %)

Group	Muscle	Pre	Post	t	p
Group (n=15)	RF	11.01±1.69	25.64±3.84	2.984	.01*
	VM	20.48±2.78	42.31±5.01	3.125	.006**
	VL	28.38±2.36	51.04±6.17	3.321	.005**
	GCM	30.25±6.37	50.28±5.04	4.287	.000†
Group (n=15)	RF	12.74±1.92	21.67±4.01	2.814	.04*
	VM	21.78±2.46	36.56±4.73	2.974	.01*
	VL	26.56±2.13	47.41±5.87	3.117	.007**
	GCM	29.64±7.35	46.67±4.98	3.012	.01*

* $p<.05$, ** $p<.01$, † $p<.001$, Group I ; tDCS + dynamic stretching exercise, Group II ; Sham-tDCS+dynamic stretching exercise, RF; Rectus femoris, VM; Vastus medialis, VL; Vastus lateralis, GCM; Gastrocnemius

4. 중재 방법에 따른 그룹 간, 그룹 내 점프수행력 비교

경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군(Group I) 과 거짓-경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군 (Group II)의 중재 전·후 그룹 간 점프수행력 변화를 비

교 분석한 결과, 점프수행력에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p<.01$)(Table 5), 그룹 내 중재 전후 점프수행력 비교 결과 Group I, Group II 모두 점프수행력에 유의한 차이를 보였다($p<.05$)(Table 5).

Table 5. Comparison of jump performance tone between groups and within group (unit: cm)

	Group (n=15)		Group (n=15)		t	p
	Pre	Post	Pre	Post		
CMJ	43.95±4.78	52.48±5.12	44.18±3.95	49.96±5.27	8.73	.001**
t	3.641		3.261			
p	.01*		.06			

*p<.05, **p<.01, Group I; tDCS + dynamic stretching exercise, Group II; Sham-tDCS+dynamic stretching exercise

IV. 고 찰

스포츠 활동 중 축구는 점프(jump), 차기(Kicking), 회전(turning), 질주(sprinting) 등 다양한 기술과 많은 활동이 요구되며, 그중 점프는 선수들의 기능적인 체력수준을 평가하는 유용한 도구이다(Rodriguez-Rosell 등, 2017). 점프수행력을 향상시키기 위해서는 높은 근활성이 요구되며 특히 무릎관절 펌근과 굽힘근 및 발바닥굽힘근의 근력이 필수적이다(SuchomeI 등, 2016). 운동수행력 향상을 위한 준비운동 중 신장은 근육의 탄성요소에 신장을 유발하여 수동적 탄성에너지와 능동적 수축력을 강화시킨다(Campbell 등, 2018). Sekir 등(2019)은 동적신장은 근육의 기계적 특성(mechanical properties)에 변화를 주어 신경근 반응을 증가시키고 강한 근수축력을 유발한다고 하였다. 경두개직류자극은 근활성도와 균형능력 향상, 통증감소 등 다양한 목적으로 사용되는 최신의 중재방법으로 적용 부위, 전극의 특성, 전류의 강도 등 변수에 의해 치료효과가 나타난다(Machado 등, 2019). 본 연구는 축구선수의 경기수행력 향상을 위해 근육의 기계적 특성 변화와 신경근 활성을 유발할 수 있는 동적신장과 대뇌겉질의 운동신경원 활성을 증가시키는 경두개직류자극을 결합하여 다리 근활성도 및 점프수행력에 미치는 효과를 알아보려고 하였고 다음과 같이 논의하고자 한다.

Yang과 Jeong(2013)은 축구선수에게 동적신장 그룹과 정적신장 그룹으로 나누어 각각 총 15분씩 중재한 후 급성효과에 대해 알아본 결과 동적신장 그룹이 정적신장 그룹과 비교하여 가쪽넓은근과 장딴지근의 근활성도 유의한 차이를 보였지만 점프수행력에서는 유의한 차이가

없었다. 또한 Fowles 등(2000)은 건강한 젊은 성인에게 10명을 대상으로 정적신장을 30분간 중재한 결과 최대 수의적수축력의 감소를 보였고, Haddad 등(2019)은 핸드볼 선수 8명을 대상으로 정적신장과 동적신장을 비교한 결과 동적신장 그룹에서 무릎관절 펌근의 최대 등척성 수축력의 유의한 차이를 보였다. 본 연구는 동적신장을 1회 20분, 주 5회, 6주간 적용한 결과 경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군(Group I)과 거짓-경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군(Group II)에서 다리 근활성도와 점프수행력에 유의한 차이를 보였다. 선행연구와 대상자, 신장의 적용시간, 신장 프로토콜의 구성 등 중재 방법은 다르지만, 동적신장이 다리 근활성도와 점프수행력을 향상시키는 일치된 결과를 나타내어 스포츠 선수들의 경기력 향상을 위해 동적신장이 필요하다는 것을 뒷받침해 줄 수 있다. 점프수행력에서 선행연구와 차이를 보인 이유는 선행연구는 급성효과를 알아보기 위한 연구로 20분의 중재를 시행하였다. Opplert와 Babault(2018)은 동적신장운동의 급성효과에 대한 연구에서 10분 ~ 30분의 단시간 동안의 동적신장을 적용하여 관절가동범위, 근력 등 일시적인 변화는 보였지만 급성효과를 통해 점프수행력을 향상시키는 것에는 제한점이 있다고 보고하였다. 또한 Herman과 Smith(2008)는 운동선수 24명을 대상으로 정적신장과 동적신장 운동군으로 나누어 4주 동안 중재한 결과 동적신장 운동군에서 근력, 점프수행력 등의 차이를 보였고 효율적인 수행력 향상을 위해서 4주 동안의 동적신장을 강조하였다. Helm 등(2019)은 점프동작 시 근육의 강성, 근력, 신경근 조절 등의 상관관계를 연구한 결과 근육의 강성과 근력이 점프와 높은 상관관계를 보였고, 점프수행력 향상을 위해서는 근육의 신장

시 발생되는 탄성에너지와 근육의 동심성 수축의 주기적인 결합이 요구되므로, 근육의 기계적 특성과 신경근 조절에 변화를 야기하기 위해서는 4주 이상의 동적신장의 적용이 필요할 것으로 생각된다.

Jiang 등(2019)은 만성 요통환자 60명을 대상으로 경두개직류자극 그룹과 거짓-경두개직류자극 그룹으로 나누어 일차운동영역에 2 mA의 강도로 20분 동안 증재한 결과 경두개직류자극 그룹이 대조군과 비교하여 허리 주변근육의 근활성도에 유의한 차이를 보였다. 또한 Hazime 등(2017)은 여자 핸드볼 선수 8명을 대상으로 경두개직류자극군과 거짓-경두개직류자극군으로 나누어 증재한 결과 어깨관절 회전근의 근력에 유의한 차이를 보였다. Bruce 등(2019)은 만성 발목불안정성을 가진 26명을 대상으로 경두개직류자극 그룹과 거짓-경두개직류자극 그룹으로 나누어 일차운동영역에 1.5 mA의 강도로 18분씩 6주 동안 증재한 결과 경두개직류자극 그룹이 대조군과 비교하여 다리 근활성도와 점프수행력 등 기능적 신체활동수준에 유의한 증가를 보였다. 선행연구와 비교하여 경두개직류자극과 함께 동적신장을 함께 적용한 차이점은 있지만, 경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군이 거짓-경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군과 비교하여 다리 근활성도와 점프수행력에 유의한 차이를 보여 선행연구들과 일치된 결과를 보였다. 일차운동영역에 직류전류의 자극은 대뇌겉질 운동신경원의 활성을 증가시켜 겉질척수로의 흥분성 출력을 강화하여 근활성도가 증가된 것으로 생각된다(Ataoglu 등, 2017). 또한 선행연구와 비교하여 점프수행력의 향상이 높게 나타난 이유는 경두개직류자극을 통한 대뇌겉질의 활성도 증가와 동적신장을 통한 근육의 기계적 특성 변화로 Ia 들신경 입력이 증가되어 더 강한 근수축을 유발하여 점프수행력이 향상된 것으로 생각된다. 본 연구의 제한점은 연구 대상자 수의 제한으로 연구 결과를 일반화하기 어려우며 또한 축구선수들의 개별 운동을 통제하기에는 어려움이 있었다. 향후 본 연구를 바탕으로 경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동 시 직류의 양극과 음극의 전류효과를 기반으로 한 경두개직류자극의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 축구선수를 대상으로 경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동을 증재하여 다리 근활성도와 점프수행력에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 축구선수 30명을 경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군과 거짓-경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군으로 나누었다. 각 집단의 증재 전과 후 다리 근활성도와 점프수행력을 평가하였고, 분석한 결과 경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동군이 대조군과 비교하여 근활성도와 점프수행력에 더 효과적임을 알 수 있었다. 이에 본 연구의 결과는 경두개직류자극을 결합한 동적신장 운동이 다리 근활성도와 점프수행력 향상에 긍정적인 영향을 준 것으로 생각되며 운동선수의 준비운동 프로그램으로 유용하게 사용할 수 있는 중요한 증재방법이 될 것으로 생각한다.

참고문헌

- Amiri-Khorasani M, Kellis E(2013). Static vs dynamic acute stretching effects on quadriceps muscle activity during soccer instep kicking. *J Hum Kinet*, 39(1), 37-47.
- Angius L, Hopker J, Mauger AR(2017). The ergogenic effects of transcranial direct current stimulation on exercise performance. *Front Physiol*, 8, 90.
- Ataoglu EE, Caglayan HB, Cengiz B(2017). Voluntary movement reverses the effect of cathodal transcranial direct current stimulation on corticomotor excitability. *Exp Brain Res*, 235(9), 2653-2659.
- Behm DG, Chaouachi A(2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol*, 111(11), 2633-2651.
- Bogdanis GC, Kalapotharakos VI(2016). Knee extension strength and hamstrings to quadriceps imbalances in elite soccer players. *Int J Sports Med*, 37(2), 119-124.
- Bruce AS, Howard JS, van Werkhoven H, et al(2019). The

- effects of transcranial direct current stimulation on chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exer*, 22, Printed Online, Doi: 10.1249/MSS.0000000000002129.
- Bui HT, Farinas MI, Fortin AM, et al(2015). Comparison and analysis of three different methods to evaluate vertical jump height. *Clin Physiol Funct Imaging*, 35(3), 203-209.
- Caliskan E, Akkoc O, Bayramoqlu Z, et al(2019). Effects of static stretching duration on muscle stiffness and blood flow in the rectus femoris in adolescent. *Med Ultrason*, 21(2), 136-143.
- Campbell KS, Janssen PML, Campbell SG(2018). Force-dependent recruitment from the myosin off state contributes to length-dependent activation. *Biophys J*, 115(3), 543-553.
- Choi YW(2015). Effect of transcranial direct current stimulation according to the electrode site on the activity of upper extremity in chronic stroke patients. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Comfort P, Stewart A, Bloom L, et al(2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *J Strength Cond Res*, 28(1), 173-177.
- Costa PB, Herda TJ, Herda AA, et al(2014). Effects of dynamic stretching on strength, muscle imbalance, and muscle activation. *Med Sci Sports Exerc*, 46(3), 586-593.
- Dalrymple KJ, Davis SE, Dwyer GB, et al(2010). Effects of static and dynamic stretching on vertical jump performance in collegiate woman volleyball player. *J Strength Cond Res*, 24(1), 149-155.
- Fernandez-Lago H, Bello O, Montero-Camara J, et al(2017). Treadmill walking combined with anodal transcranial direct current stimulation in Parkinson disease: a pilot study of kinematic and neurophysiological effects. *Am J Phys Med Rehabil*, 96(11), 801-808.
- Fletcher IM, Monte-Colombo MM(2010). An investigation into the possible physiological mechanisms associated with changes in performance related to acute responses to different preactivity stretch modalities. *Appl Physiol Nutr Metab*, 35(1), 27-34.
- Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD(2000). Reduced strength after passive of the human plantarflexors. *J Appl Physiol*, 89(3), 1179-1188.
- Garstecki MA, Latin RW, Cuppett MM(2004). Comparison of selected physical fitness and performance variables between NCAA Division I and II football players. *J Strength Cond Res*, 18(2), 292-297.
- Grandiga PC, Hummel FC, Cohen LG(2006). Transcranial DC stimulation(tDCS): a tool for double blind sham controlled clinical studies in brain stimulation. *Clin Neurophysiol*, 117(4), 845-850.
- Haddad M, Prince MS, Zarrouk N, et al(2019). Dynamic stretching alone can impair slower velocity isokinetic performance of young male handball players for at least 24 hours. *PLoS One*, 14(1), Printed Online, Doi: 10.1371/journal.pone. 0210318.
- Hazime FA, da Cunha RA, Soliaman RR, et al(2017). Anodal transcranial direct current stimulation (TDCS) increases isometric strength of shoulder rotators muscles in handball players. *Int J Sports Phys Ther*, 12(3), 402-407.
- Helm M, Freyler K, Waldvogel J, et al(2019). The relationship between leg stiffness, forces and neural control of leg musculature during the stretch-shortening cycle is dependent on the anticipation of drop height. *Eur J Appl Physiol*, 119(9), 1981-1999.
- Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, et al(2008). Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *J Strength Cond Res*, 22(3), 809-817.
- Herman SL, Smith DT(2008). Four week dynamic stretching warm up intervention elicits longer term performance benefits. *J Strength Cond Res*, 22(4), 1286-1297.
- Jakobsen MD, Sundstrup E, Randers MB, et al(2012). The

- effect of strength training, recreational soccer and running exercise on stretch-shortening cycle muscle performance during countermovement jump. *Hum Mov Sci*, 31(4), 970-986.
- Jiang N, Wei J, Li G, et al(2019). Effect of dry electrode based transcranial direct current stimulation on chronic low back pain and low back muscle activities: a double blind sham controlled study. *Restor Neurol Neurosci*, Printed Online, Doi: 10.3233/RNN-190922.
- Kallerud H, Gleeson N(2013). Effects of stretching on performances involving stretch-shortening cycle. *Sports Med*, 43(8), 733-750.
- Kamali AM, Saadi ZK, Yahyavi SS, et al(2019). Transcranial direct current stimulation to enhance athletic performance outcome in experienced bodybuilders. *PLoS One*, 14(8), Printed Online, Doi: 10.1371/journal.pone. 0220363.
- Kaminski E, Steele CJ, Hoff M, et al(2016). Transcranial direct current stimulation over primary motor cortex leg area promotes dynamic balance task performance. *Clin Neurophysiol*, 127(6), 2455-2462.
- Machado DGDS, Unal G, Andrade SM, et al(2019). Effect of transcranial direct current stimulation on exercise performance: a systematic review and meta analysis. *Brain Stimul*, 12(3), 593-605.
- Mahieu NN, McNair P, De Muynck M, et al(2007). Effect of static and ballistic stretching on the muscle-tendon tissue properties. *Med Sci Sports Exerc*, 39(3), 494-501.
- McHugh MP, Cosgrave CH(2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sports*, 20(2), 169-181.
- Opplert J, Babault N(2018). Acute effects of dynamic stretching on muscle flexibility and performance: an analysis of the current literature. *Sports Med*, 48(2), 299-325.
- Park SK, Yang DJ, Kim JH, et al(2019). Effects of neck stabilizing exercise combined with transcranial direct current stimulation on muscle characteristics and function in patients with cervicogenic headache. *J Korean Soc Integrative Med*, 7(3), 159-169.
- Rodriguez-Rosell D, Mora-Custodio R, Franco-Marquez F, et al(2017). Traditional vs. sport-specific vertical jump test: reliability, validity, and relationship with the leg strength and sprint performance in adult and teen soccer and basketball player. *J Strength Cond Res*, 31(1), 196-206.
- Sekir U, Arslan G, Ilhan O, et al(2019). Dynamic stretching does not affect peroneal and tibial muscle reaction properties. *Turk J Phys Med Rehabil*, 65(3), 259-267.
- Suchomel TJ, Lamont HS, Moir GL(2016). Understanding vertical jump potentiation: a deterministic model. *Sports Med*, 46(6), 809-828.
- Thibaut A, Chatelle C, Gosseries O, et al(2013). Transcranial direct current stimulation: a new tool for neurostimulation. *Rev Neurol*, 169(2), 108-120.
- Yang DJ, Jeong YS(2013). The acute effects of dynamic and static stretching on jump height and muscle activity. *Journal of Digital Convergence*, 11(8), 265-272.
- Vargas VZ, Baptista AF, Pereira GOC, et al(2018). Modulation of isometric quadriceps strength in soccer player with transcranial direct current stimulation: a crossover study. *J Strength Cond Res*, 32(5), 1336-1341.