Journal of Naturopathy Vol. 11(2):79-84
한국자연치유학회지, 11권 2호, 79-84, 2022년 9월
https://doi.org/10.33562/JN.2022.11.2.1

[Originl Article]

줄사다리를 이용한 기능적 운동이 남자대학생의 뇌파 활성에 미치는 영향

정석률 · 이해림 · 이성기*

차의과학대학교 스포츠의학과

Effect of Functional Exercise Using Linear Ladder on EEG Activities in College Men

Suk Yool Jung · Hae Lim Lee · Sung Ki Lee*

Dept. of Sports Medicine, Cha Univ., Gyeonggi-do 120, South Korea

(Received August 30, 2022 / Revised September 19, 2022 / Accepted September 25, 2022)

Abstract **Background:** Exercise influences the generation of brain cells through learning and experience in the process of acquiring motor skills and helps improve brain function. It is necessary to scientifically verify how brain wave activity, a method of analyzing brain function, affects movement. **Purposes:** We scientifically identify the positive effects on EEG activity when applying complex functional linear ladder movements in an appropriate environment. **Methods:** After recruiting 30 male university students, we divided them into a linear ladder exercise group, a treadmill exercise group, and a control group, and exercise was applied and measured repeatedly for ten weeks. **Results:** There was a statistically significant change between groups in the left prefrontal lobe of alpha waves when exercise was applied ($p < .05$). **Conclusions:** Although exercise has a positive effect on EEG, line ladder exercise, which applies a complex pattern and produces more leg movement, appears to have a better impact on brain function than traditional aerobic exercise.

Key words linear ladder exercise, EEG, EEG Activity, Functional Exercise

초록 **배경:** 운동은 운동기술을 습득하는 과정에서 학습 및 경험을 통해 뇌세포 생성에 영향을 미치며, 뇌기능 향상에 도움이 된다. 뇌기능을 분석하는 방법인 뇌파의 활성도를 통해 운동에 어떠한 영향을 미치는지를 과학적으로 검증이 필요하다. **목적:** 적합한 환경에서 복합적이고 기능적인 줄 사다리 운동을 적용하였을 때 뇌파 활성에 미치는 긍정적인 효과를 과학적으로 규명하고자 한다. **방법:** 남자대학생 30명을 모집 후 줄사다리운동집단, 트레드밀운동집단, 통제집단으로 나누어 10주간 운동을 적용하여 반복측정하였다. **결과:** 운동 적용 시 알파파의 좌측 전전두엽에서 그룹 간에 통계적으로 유의한 변화가 나타났다($p < .05$). **결론:** 규칙적인 운동적용 시 뇌파에 긍정적인 영향을 미치지만, 복잡한 패턴을 적용하여 하지의 기능적 움직임을 만들어내는 줄 사다리 운동이 전통적인 유산소운동과 비교하여 뇌기능에 좋은 영향을 미친다고 볼 수 있다.

주제어 사다리운동, 뇌파, 뇌파활성, 기능적운동

서 론

운동이 과거에는 체력증진 및 질환 예방에 초점이 맞춰져 있었지만, 현재에는 뇌의 구조적 강화와 기능적 향상에 도움이 될 수 있다고 밝혀졌다(Landi & Della-Maggiore, 2011). 이는 운동이 운동기술을 습득하는 과정에서 학습 및 경험에 의해 뇌세포 생성에 영향을 미치며(Ericson *et al.*, 2009), 해마의 내피세포 증식 및 혈관 세포생성의 증가로 뇌의 기능이 더욱 향상된 것이라 할 수 있다(Cotman & Christie, 2007).

뇌의 기능을 가늠할 수 있는 과학적인 분석 방법은 뇌파를 이용할 수 있으며(김영일, 2013), 대뇌피질에서 신경세포들의 전기적 활동들을 두피 표면에 발생시키는데(Brismar, 2007), 이러한 미세한 전기적 신호를 두피 상에 전극을 접착하고 증폭하여 기록한 것을 뇌파라고 부른다(Barnea *et al.*, 2005). 뇌파에서는 알파파와 베타파의 변화에서 주로 관찰되며(정동근, 강병용, 이재구2013), 알파파는 두정엽(parietal)

Authors positions – S.Y. Jung(Prof.), H.L. Lee(Prof.), S.K. Lee(Prof.)
*Corresponding author E-mail: sklee@cha.ac.kr

과 후두엽(occipital)에서 잘 기록되고, 정상 성인의 각성, 안정기, 눈감은 상태에서 잘 나타나는 특징이 있다(Kim & Jang, 2000). 베타파는 전두엽(frontal)에서 잘 기록되고, 주의를 집중하여 정신 활동을 할 때 뇌 전체에서 광범위(wide spread beta rhythm)하게 나타나는 특징이 있으며, 운동의 형태에 따라 뇌파의 변화가 나타난다(Crabbe & Dishman, 2004). 따라서, 동적운동의 대표적인 유산소운동을 적용하였을 때 뇌파의 활성이 증가하며(Bailey *et al.*, 2008), 요가와 호흡훈련 및 명상과 관련된 정적운동 시 대뇌의 혈액 흐름이 빨라져 전전두엽의 뇌파 활성이 증가된다고 보고하였다(Cahn, 2006). 또한, Jeong *et al.*,(2012)의 연구에서 10명의 성인을 대상으로 근력운동과 유산소성 운동의 복합 운동을 적용한 연구 결과 모든 영역의 뇌파가 활성화되었음을 보고하였고, 상·하지 움짐임 에서는 대뇌피질의 활성화 정도가 다르게 나타나는데 상지와 비교하여 하지 운동 시 양쪽 모두의 운동 피질이 활성화되는 빈도가 높아 상지 운동에 비해 편측화(laterality) 정도가 작다고 하였다(Ungerleider, 1995). 이와 같이, 운동은 뇌의 기능 향상에 도움이 되며, 상지의 움직임 보다 하지의 움직임을 복합운동과 같이 복잡한 움직임이 뇌파에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사하고 있다.

선행연구를 종합해본 결과, 운동이 뇌파에 미치는 영향에 대해 비교한 연구들의 대부분은 운동형태에 따른 뇌기능의 변화를 비교한 연구로, 기능적 움직임을 통해 만들어내는 운동을 적용하여 효과성을 비교한 논문은 전무한 실정이다. 줄사다리 운동은 단방향성의 전통적인 유산소운동과 달리 감각계와 운동계의 협응이 전제가 된 운동방법으로 좁은 공간에서도 전 ·후, 좌·우패턴의 변화를 통해 간단한 스텝에서 어려운 스텝까지 난이도 설정을 하여 감각운동기능을 향상시키는 운동이다(Sudha *et al.*, 2012). 사다리운동을 적용한 연구들은 발목 기능(Hess *et al.*, 2001)과 선수들의 경기 수행능력 (Yap, Brown, 2000)과 같이 엘리트 선수들의 운동수행능력과 관련된 연구가 대부분이며, 뇌파변화와 관련한 연구는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구는 기능적인 줄사다리 운동을 적용한 후 뇌파 활성에 미치는 긍정적인 효과를 과학적으로 규명하고자 한다.

재료 및 방법

연구대상

본 연구의 대상자는 C대학교 재학 중인 일반 남학생으로 감각 및 운동장애, 근·골격계에 대한 병력이 없고, 1년간 규칙적인 운동 경험이 없는 대상을 모집하였다. 총 48명의 신청자 중 실험에 관한 내용을 숙지한 후 자발적 참여를 통하였으며, 실험참여자는 본 연구에서 제시한 운동 외의 운동은 실행하지 않도록 제한 사항이 포함된 동의서를 작성한 남학생 30명을 선정하였다. 통제 집단(NEG) 10명, 트레드밀 운동집단(TEG) 10명, 줄사다리 운동 집단(LLTG) 10명으로 무선 표집방법으로 각각의 집단을 구분하였으며, 대상자는 Table 1과 같다.

Table1. Characteristic of subjects

Group	Age (yrs)	Hight (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m^2)
LLTG	19.70 ± 1.41	174.33 ± 3.29	64.90 ± 9.5	21.34 ± 2.93
TEG	19.50 ± 0.84	173.43 ± 2.71	64.26 ± 8.6	21.35 ± 2.63
NEG	19.80 ± 1.13	170.40 ± 4.81	61.90 ± 12.	21.21 ± 3.50
p	0.051	0.287	0.844	0.804

Values are Mean ± SD, N: 30 persons.
LLTG: linear ladder Training Group, TEG: Treadmill Exercise Group, NEG: Non Exercise Group

뇌파 측정 방법

뇌파변화를 알아보기 위하여 전산화 뇌파측정기인 QEEG-8(LXE3208, LAXTHA inc, Korea)를 이용하였다. 이 장비는 8개의 채널과 컴퓨터 시스템으로 구성되어 있으며 뇌파 측정과 획득된 데이터를 저장하는 목적으로 사용되었다. 전극 부착 위치에 따른 데이터 변화를 최소화하기 위하여 동일한 검사자가 실시하였다.

외부소음이 차단된 실험실에서 피험자는 등받이가 있는 의자에 앉아있게 하였으며, 검사자가 측정 시 실시간 뇌파 모니터링을 통해 이상 발생 여부를 실시간으로 체크하였다. 전극에 대한 오류를 최소화하기 위하여 신체에 소지하거나, 부착된 금속류를 모두 제거하게 하였다. 의자의 등받이에 몸을 밀착하여 편안 자세를 유지하였으며, 일정한 호흡을 유도하고, 씹는 행위와 말하는 행위 및 움직임을 금지시키고, 눈을 감은 상태에서 측정을 하였다.

전극 부착은 10%-20% 국제표준 전극 배치법(International 10-20 system)(Fig. 1을 이용하여 머리 표면의 8부위(좌·우측의 전전두엽, 전두엽)에 단극 유도(monopolar derivation)

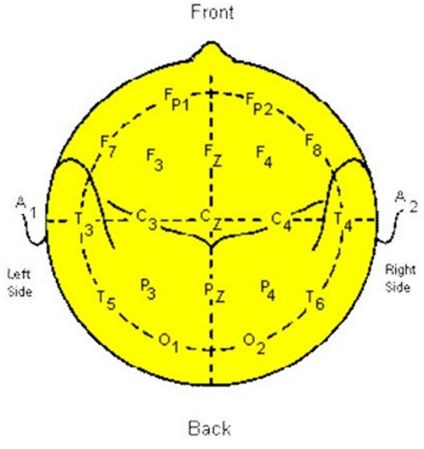

Fig 1. International 10-20 system.(www.laxtha.com)

Fig. 2. Position of electrode.

로 부착하였으며, 기준 전극(reference electrode)인 A1은 좌측 귓불 뒤, 접지전극(ground electrode)인 A2는 우측 귓불 뒤에 부착하였다.

두피에 전극을 부착하기 전에 피부와 접촉저항을 최소화하기 위하여 알코올 솜을 이용하여 머리의 이물질을 제거 한 후 접시 전극에 전용 풀(ElefixZ-401CE, Japan)을 묻혀 두피에 부착을 하였다. 부착된 접시 전극 위에 2 × 2 cm 크기의 거즈를 덮어 두피에 더욱 잘 고정되도록 하였다(Fig. 2).

뇌파 분석 방법

생체신호 분석 소프트웨어인 Telescan 프로그램(LXE5209, Laxtha, Korea)을 이용하여 데이터 수집 후 분석하였으며, 뇌파는 256Hz 샘플링 주파수를 사용하여 12-bit AD변환(analog-digital converter)에 의해 컴퓨터로 저장되고 저장된 자료(rawdata)는 고속퓨리변환(fast fourier transform)을 통해 뇌파의 상대전력(relative power spectrum)에 해당되는 값을 측정하였다. 데이터의 수집상황을 컴퓨터 record 모드를 이용하여 시간 뇌파파형을 관찰하며 피험자의 상태 및 잡파의 혼입을 최소화하였다. 뇌파의 주파수 영역(frequency band)는 알파파(alpha,; α)는 8~13 Hz, 베타파(Beta; β)는 14~30 Hz로 설정하였다.

줄 사다리 기능적 운동 프로그램

줄 사다리를 이용한 기능적 운동프로그램은 Polman *et al.*, (2009)와 Park (2010)이 제시한 운동 프로그램을 실험 목적에 맞게 재구성하였고, 사다리가 끝나는 지점에서 출발지점까지 이동 시에는 가벼운 런닝을 하도록 하였다. 스스로 동작을 익힐 수 있을 때까지 전 주자가 선행을 하였으며, 무리 없이 동작을 시행했을 경우, 진행 방향을 바꾸어 실시하도록 하였다. 운동 강도는 무선 심박수 측정기(Polar RS 100, Polar, USA)를 이용하여 목표 심박수 범위에서 진행하였고, Karvonen 방식에 의한 목표 심박수를 산출하여 적용하였다(Karvonen & Vuorima, 1988).

1~2주는 저강도 30~40% HRmax, 3~10주는 중강도 60~70% HRmax에서 실시하였으며, 총 10주간, 주 3회를 기준으로, 준비운동과 정리운동은 각 10분씩 실시하고 본 운동은 1회 40분간 실시하였다. 운동 중 목표 달성여부는 무선 심박수 측정기 또는 운동자각도(Rating of perceived exertion: RPE)를 동시에 병행하여 진행하였다(Garnacho *et al*, 2018). 자세한 운동방법은 Table 2와 같다.

Table 2. Functional exercise with ladder program

Stage	Content	Week	Duration (min)	Intensity (%)
Warm-up	Stretching		10	
Main exercise	Ankle skip, Lateral high knee runs	1-2	40	THR 40~50
	High knee skip Wide skip Skip & Crossover 2 in, 2 out Icky shuffle Bunny Hops One foot Hops Ski Jumps Zig zags	3-10		THR 60~70
Cooling down	Stretching		10	

트레드밀 운동 프로그램

트레드밀 운동 프로그램은 Karvonen의 공식을 이용하여 목표심박수를 설정하였으며, 1~2주는 30~40%의 저강도에서 운동을 실시 하였다. 3~10주는 60~70%의 중강도에서 운동을 실시하였으며, 총 10주간, 주 3회, 40분씩 실시하였다. 준비운동 10분, 정리운동 10분을 포함하여 매회 총 60분간 실시하였다. 운동 강도는 무선 심박수 측정기와 운동자각도(RPE)를 이용하여 목표달성여부를 확인하였다.

자료 분석 방법

본 연구는 Windows SPSS/PC Ver.25 통계 프로그램을 사용하였고, 각 변인들에 대한 평균(M), 표준편차(SD)를 산출하였다. 운동종류에 따른 측정시기 간 차이를 알아보기 위해 이원 반복측정분산분석(two-way repeated measure ANOVA)을 사용하였다. 상호작용에 대한 사후검증은 각 그룹별 전·후 차이 분석을 위해 대응표본(paired sample) t-test를 실시하였으며, 각 시기 별 그룹간의 차이는 일원분산분석(one-way ANOVA)실시하여, Duncan을 통해 확인하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$로 설정하였다.

결 과

알파파의 활성 변화

줄 사다리를 이용한 기능적 운동을 이용한 뇌파의 알파파(alpha wave)변화는 Table 3과 같다.

Table 3. Changes in alpha wave activity

Items		Group	Pre	Post	△%	F
prefrontal lobe	Lt	RLTG(a)	0.295 ± 0.074	0.416 ± 0.094***	41.01	G:3.486* T:39.6*** G×T: 19.501***
		TEG(b)	0.330 ± 0.075	0.397 ± 0.056***	20.30	
		NEG(c)	0.286 ± 0.133	0.269 ± 0.081	−5.94	
		F	.654	10.325***		
		post-hoc	ns	c < b, a		
	Rt	RLTG(a)	0.306 ± 0.083	0.426 ± 0.083***	39.21	G:2.746 T:48.193*** G×T:13.495*
		TEG(b)	0.346 ± 0.089	0.399 ± 0.072**	15.31	
		NEG(c)	0.286 ± 0.107	0.296 ± 0.095	3.49	
frontal lobe	Lt	RLTG(a)	0.303 ± 0.089	0.445 ± 0.102***	46.86	G:2.235 T:43.551*** G × T:25.611***
		TEG(b)	0.357 ± 0.106	0.410 ± 0.081**	14.84	
		NEG(c)	0.316 ± 0.070	0.301 ± 0.091	−4.74	
	Rt	RLTG(a)	0.323 ± 0.095	0.464 ± 0.102***	43.65	G:1.525 T:33.421*** G × T:15.244***
		TEG(b)	0.369 ± 0.110	0.427 ± 0.081***	15.71	
		NEG(c)	0.337 ± 0.107	0.329 ± 0.092	−2.37	

Values are Mean ± SD, unit: μV., △ = (Post-Pre)/Pre
RLTG(a): rope ladder Training, TEG(b): Treadmill Exercise Group, NEG(c): Non Exercise Group
*p < .05, **p < .01, ***p < .001

좌측 전전두엽 변화는 그룹 간(p < .05), 시기 간과 상호작용(p < .001)에서 모두 유의한 변화가 나타났으며, 사후 분석 결과 그룹 간에서는 통제그룹보다 트레이드밀 운동그룹, 줄사다리 운동그룹이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 시기 간 사후분석 결과도 동일 하게 두 운동그룹에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

우측 전전두엽 변화는 시기 간과 상호작용(p < .001)에서 유의한 변화가 나타났으며, 시기 간 사후분석 결과는 두 운동그룹에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 좌측과 우측의 전두엽 변화는 시기 간과 상호작용(p < .001)에서 유의한 변화가 나타났으며, 시기간 사후분석 결과는 두 운동그룹에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

베타파의 활성 변화

줄 사다리를 이용한 기능적 운동을 이용한 뇌파의 베타파(beta wave) 변화는 Table 4와 같다.

전전두엽의 좌측과 우측 변화는 시기 간과 상호작용(p < .001)에서 유의한 변화가 나타났으며, 시기 간 사후분석 결과는 두 운동그룹에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 좌측 전두엽의 변화는 시기 간(p < .001)과 상호작용(p < .05)에서 유의한 변화가 나타났으며, 시기 간 사후분석 결과는 두 운동그룹에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 우측 전두

Table 4. Changes in Beta Wave Activity

Items		Group	Pre	Post	△%	F
Prefrontal lobe	Lt	RLTG(a)	0.224 ± 0.517	0.287 ± 0.039**	28.12	G: 1.394 T: 25.143*** G×T: 16.523***
		TEG(b)	0.213 ± 0.039	0.242 ± 0.034***	13.61	
		NEG(c)	0.229 ± 0.049	0.236 ± 0.060	3.05	
	Rt	RLTG(a)	0.217 ± 0.053	0.292 ± 0.047**	34.56	G: 2.926 T: 22.902*** G×T: 14.578***
		TEG(b)	0.212 ± 0.046	0.239 ± 0.039**	12.73	
		NEG(c)	0.212 ± 0.042	0.202 ± 0.053	−4.71	
Frontal lobe	Lt	RLTG(a)	0.218 ± 0.055	0.271 ± 0.036**	24.31	G: 2.804 T: 15.770*** G×T: 5.232*
		TEG(b)	0.220 ± 0.054	0.245 ± 0.054	11.36	
		NEG(c)	0.196 ± 0.058	0.197 ± 0.046	0.51	
	Rt	RLTG(a)	0.224 ± 0.051	0.268 ± 0.043**	19.64	G: 2264 T: 6.003* G×T: 8.758***
		TEG(b)	0.221 ± 0.062	0.241 ± 0.061	9.04	
		NEG(c)	0.207 ± 0.044	0.188 ± 0.064	−9.17	

Values are Mean ± SD, unit: μV, △ = (Post-Pre)/Pre
RLTG(a): rope ladder Training, TEG(b): Treadmill Exercise Group, NEG(c): Non Exercise Group
*p < .05, **p < .01, ***p < .001

엽의 변화는 시기 간($p < .05$)과 상호작용($p < .01$)에서 유의한 변화가 나타났으며, 시기 간 사후분석 결과는 두 운동그룹에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

고 찰

본 연구는 복잡한 패턴의 기능적운동이 뇌파활성에 미치는 효과를 파악하기 위해, 평소 규칙적인 운동을 하지 않는 남자대학생을 대상으로 10주간 줄사다리를 이용한 기능적운동과 전통적인 트레드밀운동을 적용하였다. 운동 중재 전·후의 뇌파를 측정하여 전두엽과 전전두엽의 뇌파활성(Alpha wave, Beta wave)에 미치는 효과에 대하여 살펴보았다. 본 연구의 결과에서 알파파의 좌측 전전두엽에서 기능적운동그룹과 트레드밀 운동그룹, 통제그룹에서 그룹 간 유의한 차이가 나타났으며, 좌·우 전전두엽과 전두엽의 알파파와 베타파에서 시기 간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < .05$). 규칙적인 운동은 뇌혈류량을 증가시키는 주요 요인이며, 대뇌혈액의 변화는 뇌파의 변화에 주요한 영향을 미친다고 하였다(Delp *et al*., 2001). 규칙적으로 실시한 기능적운동과 트레드밀 운동을 통한 뇌 혈류량의 활발한 변화가 뇌파의 활성에 영향을 준 것으로 판단된다(Amjad *et al.*, 2019). 줄사다리를 이용한 기능적운동과 마찬가지로 동일한 강도의 운동을 실시한 트레드밀 운동그룹에서도 좌·우 전전두엽과 전두엽에서 뇌파의 활성이 나타났으나, 기능적운동그룹과 비교하여 운동 전·후 증가율은 다소 낮았음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 다양한 종류의 운동패턴으로 구성되어진 기능적운동이 트레드밀운동과 비교하여 뇌파활성에 좀 더 효과적으로 기여하였을 것이라고 판단되는데, 이러한 운동의 특징은 휴식 없이 여러 종목의 운동을 순환식으로 실시하는 서킷트레이닝의 방식과 유사하며 동일한 특징을 가지고 있는 사다리운동 프로그램이 유산소성과 무산소성 운동의 복합적인 형태를 갖추고 있어 전통적인 트레드밀 운동과 비교하여 더 효과적으로 나타난 것으로 판단된다(Voelcker-Rehage & Niemann, 2013). 뇌파는 정상인이 흥분하거나 특정한 과제에 주의를 집중할 때 대뇌피질의 세포들이 상호작용하여 진동하지 않는 비동기화(desynchoronization)현상에 의해 빠른 주파수의 베타파가 활성화되며, 안정을 취하고 있을 때는 대뇌피질의 다수 세포가 거의 동시에 활동하는 동기화(synchronization) 현상에 의해 알파파가 우세하게 나타난다(Bazanova & Vernon, 2014). 베타파의 운동 후 증가양상은 운동 시 발생하는 일정한 부하에 따른 심신의 긴장에 주로 발생하는 것으로 적당한 긴장은 집중력을 높여주기도 한다(Moraes *et al.*, 2007). 규칙적인 기능적 줄사다리운동이 다양한 방식의 움직임을 실시하기 때문에 전통적인 유산소운동에 비교하여 운동 적용 후 베타파가 활성된 것으로 생각된다. 본 연구에서 기능적운동그룹과 트레드밀운동 훈련에서 10주간 운동 후에 측정한 알파파의 크기가 높고 베타파가 더 낮은 이유는 뇌파 측정 시에 눈을 감고 안정된 상태에서 측정을 하였기 때문에 두 파형의 크기에 차이가 나타난 것으로 판단된다. 또한, 좌뇌와 우뇌의 특징을 살펴볼 때, 효과적인 두뇌활동은 좌뇌와 우뇌의 균형이 맞는 것이 효과적이라고 하였으나, 운동 후의 결과를 살펴보면, 우뇌의 뇌파활성이 우세한 것을 알 수 있다. 이것은 운동을 통하여 우뇌의 특징인 협응력, 공간사고력, 시각적 통찰력, 지각 속도력 기능이 향상된 것으로 판단된다(Lim *et al.,*2006). 선행연구에서는 줄사다리를 이용한 기능적운동을 적용한 후 뇌파활성에 대한 연구가 이루어지지 않아 선행연구와 비교를 할 수는 없었다. 하지만 동일한 강도를 적용한 트레드밀 운동의 뇌파활성 변화의 결과와 비교하여 기능적운동을 실시하였을 경우 뇌파활성에 효과적일 것으로 판단된다.

이와 같이, 규칙적인 줄사다리운동과 트레이드밀운동 모두 뇌파 활성에 효과적인 것으로 나타났으나, 전통적인 트레드밀 운동과 비교하여 줄사다리 운동그룹에서 시기 간에 뇌파가 좀 더 효과적으로 활성 된 것으로 나타났다. 줄사다리운동이 전통적인 트레드밀 운동과 비교하여도 뇌파활성의 효과가 다르지 않기 때문에, 다양한 신체의 기능적 향상의 장점을 갖추고 있는 줄사다리 운동을 유산소적 운동으로서 권장할 수 있는 운동이라 판단된다.

결 론

본 연구는 남자 대학생을 30명을 대상으로 10주간 줄사다리를 이용한 기능적운동과 전통적인 트레드밀운동을 적용하였을 시 뇌파활성에 미치는지 영향을 규명하기 위하여 실시한 본 연구의 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 얻었다.

줄사다리를 이용한 기능적 운동에 따른 뇌파활성 변화는 알파파의 좌측 전전두엽에서는 그룹 간에는 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$), 사후검정 결과 기능적 운동그룹과 트레드밀 그룹이 통제 그룹에 비하여, 효과적인 것으로 나타났다. 시기 간의 차이는 알파파와 베타파의 좌·우 전전두엽과 전두엽에서 기능적 운동그룹과 트레드밀 운동그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)

References

Amjad, I., H. Toor, I.K. Niazi, H. Afzal, M. Jochumsen, M. Shafique, et al. 2019. Therapeutic effects of aerobic exercise on EEG parameters and higher cognitive functions in mild cognitive impairment patients. Int. J. Neurosci. 129(6): 551-562. doi:10.1080/00207454.2018.1551894

Bailey, S.P., E.E. Hall, S.E. Folger, and P.C. Miller. 2008. Changes in EEG during graded exercise on a recumbent cycle ergometer. J. Sports Sci. Med. 7(4): 505-511.

Barnea, A., A. Rassis, and E. Zaidel. 2005. Effect of neuro feedback on hemispheric word recognition. Brain and cognition.

59(3): 314-321. doi:10.1016/j.bandc.2004.05.008

Bazanova, O.M. and D. Vernon. 2014. Interpreting EEG alpha activity. Neurosci. Bio. Rev. 44: 94-110. doi:10.1016/j.neubiorev. 2013.05.007

Brismar, T. 2007. The human EEG-physiological and clinical studies. Physiol. Behav. 92: 141-147. doi: 10.1016/j.physbeh. 2007.05.047

Cahn, B.R. and J. Polich. 2006. Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies. Psychol. Bull. 132(2): 180-211. doi:10.1037/0033-2909.132.2.180

Cotman, C.W., N.C. Berchtold, and L.A. Christie. 2007. Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. Trends Neurosci. 30(9): 464-472. doi: 10.1016/ j.tins.2007.06.011

Crabbe, J.B. and R.K. Dishman. 2004. Brain electrocortical activity during and after exercise: a quantitative synthesis. Psychophysi. 41(4): 563-574. doi: 10.1111/j.1469-8986.2004. 00176.x

Delp, M.D., R.B. Armstrong, D.A. Godfrey, M.H. Laughlin, C.D. Ross, and M.K. Wilkerson. 2001. Exercise increases blood flow to locomotor, vestibular, cardiorespiratory and visual regions of the brain in miniature swine. J. Physiol. 533(3): 849-859. doi: 10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00849.x

Erickson, K.I., R.S. Prakash, M.W. Voss, L. Chaddock, L. Hu, K.S, Morris, et al. 2009. Aerobic fitness is associated with hippocampalvolume in elderly humans. Hippocampus 19(10): 1030-1039. doi: 10.1002/hipo.20547

Garnacho-Castaño, M.V., R. Domínguez, A. M. González, R. Feliu-Ruano, N. Serra-Payá, J. L. Maté-Muñoz. 2018. Exercise prescription using the borg rating of perceived exertion to improve fitness. Int. J. Sports Med. 39(02): 115-123. doi: 10.1055/s-0043-120761

Hess, D.M., C.J. Joyce, B.L. Arnold, and B. M. Gansneder. 2001. Effect of a 4-week agility-training program on postural sway in the functionally unstable ankle. J. Sport Rehabil. 10(1): 24-35. doi: 10.1123/jsr.10.1.24

Internationa 10-20 system. Laxtha Homepage, http://www.laxtha. com(2022.08.29.)

Jeong, D.G., B.Y. Kang, and J.G. Lee. 2013. Change characteristics of electroencephalographic activity after acute treadmill exercise among healthy college people. J. Sport Sci. 22(4): 1035-1044.

Jeong, J.W., C.M. Jeong, and K.H. Kim. 2012. Effect of maximal combined exercise on electroencephalographic wave and cognitive functions. J. Sport Sci. 21(2): 1033-1043.

Karvonen, J. and T. Vuorimaa. 1988. Heart rate and exercise intensity during sports activities. Sports Med. 5(5): 303-311. doi: 10.2165/00007256-198805050-00002.

Kim, Y.G. and N.G. Jang. 2000. Distribution of dominant EEG by level of mental activity. J. Kor. Behavi. Biol. Soc. 9(1): 51-60.

Kim, Y.L. 2013. The review of exercise and neurotrophic factors(BDNF): With focus on acute aerobic, resistance exercise and regular aerobic, resistance training. J. Sport Leisure Studies. 52(2): 663-674.

Landi, S.M., F. Baguear, and V. Della-Maggiore. 2011. One week of motor adaptation induces structural changes in primary motor cortex that predict long-term memory one year later. J. Neurosci. 31(33): 11808-11813. doi: 10.1523/JNEUROSCI. 2253-11.2011

Lim, T.H., K.D. Hong, S.L. Park, and Y.S. Jang. 2006. EEG(electroencephalographic) characteristics according to national archer' concentration strategies. J. Coaching Develop. 8(1): 77-87.

Moraes, H., C. Ferreira, A. Deslandes, M. Cagy, F. Pompeu, et al. 2007. Beta and alpha electroencephalographic activity changes after acute exercise. Arq. Neuro-Psiquiat. 65: 637-641. doi: 10.1590/S0004-282X2007000400018

Park. C.G. 2010. The effect of SAQ training for athletic performance and physical fitness in female basketball athletes. J. Coaching Develop. 12(2): 219-228.

Polman, R., J. Bloomfield, and A. Edwards. 2009. Effects of SAQ training and small-sided games on neuromuscular functioning in untrained subjects. J. Sports Physiol. Perform. 4(4): 494-505. doi: 10.1123/ijspp.4.4.494

Sudha, V.N. and B.P. Chittibabu. 2012. Effect of six weeks of speed agility and quickness (SAQ) training programme on selected biomotor abilities of male handball players. Sports Yogic Sci. 1(3): 53-60.

Kami, A., G. Meyer, P. Jezzard, M.M. Adams, R. Turner, G. Leslie G. and L.G. Ungerleider. 1995. Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. Nature 377: 155-158.

Voelcker-Rehage, C. and C. Niemann. 2013. Structural and functional brain changes related to different types of physical activity across the life span. Neuro. Bio. Revi. 37(9): 2268-2295. doi: 10.1016/j.neubiorev.2013.01.028

Yap, C.W. and L.E. Brown. 2000. Development of speed, agility, and quickness for the female soccer athlete. J. Strength Condit. 22(1): 9-12.