

규칙적인 태권도 운동이 남자 대학생의 뇌파 활성화 및 뇌신경성장인자에 미치는 영향

김영일* · 옥덕필 · 조수연†

*,†영산대학교 태권도학부, 동아대학교 체육학과
(2018년 5월 31일 접수; 2018년 6월 20일 수정; 2018년 6월 22일 채택)

The Effects of Regular Taekwondo Exercise on Brain wave activation and Neurotrophic Factors in Undergraduate male students

Young-Il Kim·Duck-Pil Ok·Su-Youn Cho†

*,†*Department of Taekwondo, Young-san University, Junam-ro, Yangsan-si,
Kyungnam 626-790, Korea*

*Department of Physical Education, College of Arts and Physical Education, Dong-A University:
37 Nakdong-daero, 550 beon-gil, Hadan-dong, Saha-gu, Busan 604-714, Korea*

(Received May 31, 2018; Revised June 20, 2018; Accepted June 22, 2018)

요약 : 본 연구는 남자 대학생을 대상으로 12주간의 규칙적인 태권도 운동이 체구성, 체력, 뇌파활성 및 뇌신경성장인자(BDNF, IGF-1, NGF)에 미치는 영향을 규명하는데 목적이 있었다. 이를 위해 의학적 질환이 없는 대학생 24명을 대조그룹(CG), 유산소 트레이닝 그룹(ATG) 그리고 태권도 트레이닝 그룹(TTG)에 각각 8명씩 무선 배정하여 연구를 실시하였다. 12주 유산소 및 태권도 트레이닝은 주 3회 실시되었으며, 운동강도와 시간은 4주단위로 조정되었다. 뇌파활성 검사 및 채혈은 12주 유산소 및 태권도 트레이닝 전과 후 각각 실시되었으며, 그룹과 시기에 따른 체력요인 및 생화학성분에 대한 차이를 검증하기 위하여 채혈 시점을 반복 측정하는 이원변량분석(two-way repeated ANOVA)을 실시하였다. 이에 대한 연구결과는 다음과 같다. 12주간의 유산소 및 태권도 트레이닝은 신체구성과 뇌파활성에 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다. 그러나 유산소 트레이닝과 태권도 트레이닝 모두 체력요소 중 평형성을 증가시키는 것으로 나타났으며($p<.05$), 12주 유산소 트레이닝은 뇌신경성장인자인 BDNF를 증가시키는 것으로 나타났으며($p<.05$). 이상의 결과 12주 유산소 운동은 체력과 뇌신경영양인자에 긍정적인 효과가 있는 반면 태권도 운동은 뇌파 활성화 및 뇌신경영양인자에 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다.

주제어 : 유산소 운동, 태권도, 체구성, 체력, 뇌파활성, 뇌신경영양인자

†Corresponding author
(E-mail: csy@ysu.ac.kr)

Abstract : The purpose of this study was to investigate effects of 12-weeks aerobic exercise and taekwondo exercise on brain wave activation and brain-derived neurotrophic factors in undergraduate male students. Twenty four male subjects participated in this study. They were separated into a Control group(CG; n=8), Aerobic training group (ATG; n=8) and Taekwondo training group(TTG; n=8). ATG and TTG participated in Aerobic exercise training and Taekwondo exercise training for 12 weeks, 50~80 minutes per day, 3 times a week at 60~80% HRR respectively. All data were analyzed by repeated measures two-way ANOVA. As a result, there were no significant differences in the body composition and brain activation in all groups. However BDNF increased significantly after 12 weeks in the aerobic training groups(ATG). It is suggest that 12 weeks of regular Taekwondo exercise training did not statistically affect brain activation and neurotrophic factors in undergraduate students.

Keywords : Aerobic exercise, Taekwondo, Body composition, Physical fitness, Brain wave activation, Neurotrophic factors

1. 서론

태권도는 1971년 국기로 지정받았으며, 1972년 국기원이 창립됨에 따라 세계적인 스포츠로 나아갈 수 있는 발판이 확립되었다. 이후 2000년 시드니 올림픽의 정식종목으로 채택되었으며 188개국에서 약 7천만명이 수련하는 등 명실상부한 한국의 대표적 스포츠일 뿐 아니라 국가 이미지와 결합된 아이টে็ม으로 대한민국이 보유한 최고의 브랜드로 자리매김하고 있다[1].

태권도는 전 연령층을 대상으로 신체적, 심리적, 정서적 안정 등 심신의 조화로운 발달을 가져올 수 있으며[2,3], 공격과 방어를 위한 동작들로 구성되어 있어 외부의 공격으로부터 자신을 보호하기 위한 호신술로서도 매우 효과적이다[4]. 또한 근력을 비롯하여 지구력, 민첩성, 순발력, 평형성, 협응성 등의 체력 증가 뿐 아니라 면역력 증가[5], 골밀도와 골 건강관련 호르몬 증가[6], 대사질환 예방 및 비만관련 호르몬의 긍정적 변화[7] 등 건강관련 생리학적 변인에도 효과적인 것으로 보고되었다.

한편 최근 몇몇 연구들은 동작을 외어야 하는 과제가 주어지고 이러한 과제를 수행하면서 여러 가지 기술이나 동작을 반복하며 전신의 관절과 근육이 빠르고 복잡하게 협응하여야 하고 정확한 판단을 필요로 하는 태권도의 특성이 뇌와 신경의 발달에도 영향을 미칠 수 있음을 보고하였다. Kim 등[8]은 MRI 기법을 이용하여 외부 자극에 의한 뇌나 척수의 혈류량 변화를 측정·영상화해서 뇌기능의 변화를 살펴볼 수 있는 기능자기

공명영상(f-MRI)의 분석을 통해 태권도를 한 어린이들이 태권도를 하지 않는 어린이들에 비해 뇌전두엽의 활성화와 뇌네트워크의 연결성이 좋다고 보고하였다. 또한 Cho 등[9]은 16주간 태권도 트레이닝이 어린이들의 뇌신경생성영양인자 및 뇌인지기능 지표의 증가를 가져왔다고 보고하였다.

규칙적인 유산소 및 근력 운동이 세포증식 및 성장과 신경세포의 발달 및 기능을 촉진하는 단백질들을 상향 조절함으로써 뇌기능에 긍정적 영향을 미친다는 것은 동물과 사람을 대상으로 한 여러 연구들을 통해 입증되었다[10,11]. 그러나 유산소와 무산소 에너지 시스템을 동시에 사용하는 태권도 운동이 뇌기능의 변화에 미치는 영향과 그에 대한 혈액학적 변화 등을 통한 과학적 기전 연구는 어린이들을 대상을 실시된 경우가 대부분이며 이마저도 매우 제한적인 실정이다.

이에 본 연구에서는 남자 대학생을 대상으로 12주간의 규칙적인 태권도 트레이닝을 실시한 후 뇌신경성장인자(BDNF, IGF-1, NGF), 뇌파활성의 변화를 살펴봄으로서 뇌기능을 위한 운동으로서 태권도의 가치를 과학적으로 입증하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구는 의학적 질환이 없는 Y대학 체육계열 대학생 24명을 대상으로 실시되었다. 연구대상자들은 대조그룹(CG), 유산소 트레이닝 그룹

Table 1. Subject characteristics

Variable	CG(n=8)	ATG(n=8)	TTG(n=8)
Age(years)	21.4±1.2	20.5±1.0	23.0±1.9
Height(cm)	172.2±5.7	174.5±5.6	170.0±5.4
Weight(kg)	69.6±9.8	67.6±10.0	66.7±9.3
BMI(m ²)	22.4±4.3	22.1±2.6	22.8±2.9
Body fat(%)	16.0±3.6	14.4±3.7	16.0±5.2

Values are means±SD. CG; Control group, ATG ; Aerobic training group, TTG; Taekwondo training group

(ATG), 태권도 트레이닝 그룹(TTG)에 각각 8명씩 무선 배정되었다. 연구는 연구 대상자들에게 실험의 목적과 방법 및 절차에 대한 상세한 설명과 함께 본인이 원하지 않을 경우 연구 참여를 중단할 수 있다는 내용이 포함되어 있는 연구 동의를 받은 후 실시되었다. 연구대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

2.2. 측정도구 및 방법

기본검사와 채혈을 포함하여 12주간의 유산소 및 태권도 트레이닝에 따른 뇌파활성 및 뇌신경성장인자의 변화를 살펴보기 위한 모든 검사는 12주간의 트레이닝 전과 후 각각 실시되었으며 구체적인 측정 항목 및 방법은 다음과 같다.

2.2.1 기본검사

모든 연구 대상자들은 신장, 체중, 신체구성(체지방율, 지방량, 제지방량 등) 및 최대산소 섭취량(VO_{2max})을 측정하였다. 신장은 자동 신체 계측기(FE810, Fanics, Korea)를 이용하여 측정되었으며, 체중 및 체구성은 체성분 분석기(GAIA 359, 자원메디컬, Korea)를 이용하여 생체전기저항 분석법으로 측정 되었다. 체구성의 정확한 측정을 위하여 측정 2시간 전부터 음료를 포함한 모든 음식물의 섭취를 제한하였으며, 측정 전 화장실을 다녀오게 하여 체내 수분의 영향을 최소화 하였다. VO_{2max} 테스트는 습도 50~55%와 온도 24~25°C가 유지되는 측정실에서 혈압, 심전도 그리고 Borg's scale(운동자각도)을 이용한 주관적 운동 강도의 모니터링하에 Treadmill을 이용하여 Bruce protocol[12]로 실시되었다.

2.2.2. 뇌파 활성화 검사

뇌파 활성화 검사를 위한 뇌기능 지수의 측정은 한국정신과학연구소에서 개발한 포터블 뇌파 측정기기인 뉴로하모니(Nurofeed back system, Braintech, Korea)를 통해 실시되었다. 측정은 2채널로써 쌍극 유도법을 사용하였으며, 자기조절 지수(SQR), 주의지수(ATQ), 항 스트레스 지수(SQ), 뇌기능 지수(BQ)로 분류하여 측정되었다. 뇌파를 측정하는 밴드는 풀이나 다른 접촉 도구를 사용하지 않고 헤드 밴드를 이용하여 좌뇌와 우뇌에서 동시에 뇌파를 측정할 수 있도록 고정하였다. 뇌파는 증폭기를 통해 컴퓨터로 정보가 전달되었으며 각 개인 당 약 30~40분이 소요되었다.

2.2.3. 체력 검사

체력 검사는 체력증진시스템(Hellmass system 3, O2runs, Korea)을 이용하여 근력 및 근지구력(Sit-up), 유연성(Trunk Flexion), 평형성(One leg standing), 민첩성(Side step), 순발력(Sargent jump)을 측정하였다.

2.2.4. 유산소 트레이닝 프로그램

12주 유산소 운동은 주 3회 실시되었으며, 운동강도와 시간은 4주단위로 조정되었다. 1~4주는 60% VO_{2max} 의 강도로 30~40분, 5주~8주는 70% VO_{2max} 강도로 40~50분, 9~12주는 80% VO_{2max} 강도로 50~60분 동안 달리기 운동이 실시되었다. 운동강도는 운동부하검사를 통해 측정된 산소섭취량과 그에 일치하는 심박수를 파악한 후 심박수 측정기인 Polar system의 심박수 모니터링 하에 조절되었으며, 운동전과 후 각각 10분간의 준비운동과 정리운동을 실시하였다.

2.2.5. 태권도 트레이닝 프로그램

태권도 운동프로그램은 기본동작(서기, 막기, 지르기, 치기)을 시작으로 1주~4주는 서기(준비, 주춤서기, 앞굽이, 앞서기), 막기(아래, 몸통, 얼굴, 한손날), 지르기(두 번, 세 번), 치기(손날목치기), 앞 올리기, 앞차기, 표적차기(좌, 우)로 구성되었다. 5~8주는 기본동작(서기, 막기, 지르기, 치기)을 시작으로 서기(앞굽이, 앞서기, 뒷굽이), 막기(아래, 몸통, 얼굴, 한손날), 지르기(두 번, 세 번) 치기(손날목치기), 앞차기기, 돌려차기, 이동 표적차기(좌, 우)로 구성하였다. 그리고 8주~12주는 서기(앞굽이, 앞서기, 뒷굽이) 막기(손날, 몸통바깥), 찌르기(편손끝세우기), 치기(제비품목치기, 등주먹앞치기), 앞차기, 돌려차기, 옆차기, 2인 표적차기(좌, 우)로 구성하였다. 태권도 운동 프로그램 빈도와 운동강도 그리고 운동 시간은 유산소 트레이닝과 동일하게 구성하였으며, 대상자들은 Polar system을 착용한 후 심박수 모니터링 하에 태권도 프로그램을 실시하였다.

2.2.6. 채혈 및 생화학적 검체분석

채혈은 12주 유산소 및 태권도 트레이닝 전과 후 각각 실시되었으며, 전완주정맥에서 22gauge needle을 이용하여 5cc의 혈액을 채취하였다. 채혈한 혈액은 15분간 3,000rpm 속도로 원심분리하여 상층 액을 분리한 후 ELISA (Enzyme-linked immuno Assay) 방법으로 혈청 BDNF,

IGF-1, NGF, 콜레스테롤의 변화를 분석하였다.

2.3. 자료처리 방법

본 연구에서 얻은 자료는 SPSS Windows Ver 19.0 통계 package을 이용하여, 평균과 표준 편차를 산출하였다. 그룹과 시기에 따른 체력요인 및 생화학성분, 인지기억에 대한 차이를 검증하기 위하여 채혈 시점을 반복 측정하는 이원변량분석(two-way repeated ANOVA)을 실시하였다. 그룹과 시기 간의 유의한 상호작용에 대해서는 일원변량분석(one-way ANOVA)과 대응표본 t 검증을 실시하였으며, 모든 통계적 유의 수준(α)은 .05로 설정하였다.

3. 결과

3.1. 신체구성

12주 유산소 및 태권도 트레이닝에 따른 신체구성의 변화는 <Table 2>와 같다. 신체구성 각각의 인자에 대한 반복측정 이원분량분석 결과 체중, BMI, 근육량에서는 그룹과 시기 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다. 반면 체지방율(%fat)에서는 상호작용 효과가 나타났으며($p < 0.05$), 이에 대한 사후검증 결과 CG 그룹의 체지방율이 12주 후 유의하게 증가한 것으로 나타났다($p < 0.05$).

Table 2. Change of body composition

Variable	Group	Pre	Post	P-value
Weight(kg)	CG	69.62±9.78	69.83±10.55	G: 0.836
	ATG	67.57±9.99	68.42±9.33	T: 0.304
	TTG	66.73±9.32	66.98±8.83	G×T: 0.783
BMI(kg/m ²)	CG	22.43±4.33	23.48±2.60	G: 0.912
	ATG	22.13±2.57	22.46±2.71	T: 0.518
	TTG	22.80±2.80	22.20±4.20	G×T: 0.251
Body fat(%)	CG	16.02±3.56	17.63±3.48 ^{\$}	G: 0.413
	ATG	14.37±3.74	14.08±3.56	T: 0.107
	TTG	16.08±5.18	16.17±4.29	G×T: 0.027*
Muscle mass(kg)	CG	54.11±5.06	53.22±5.92	G: 0.772
	ATG	53.70±6.67	53.32±5.20	T: 0.358
	TTG	51.75±4.92	52.01±5.20	G×T: 0.430

Values are means±SD. CG; Control group, ATG ; Aerobic training group, TTG; Taekwondo training group G; groups, T; time, G×T; group×time, *; $p < 0.05$, \$; vs pre($p < 0.05$)

3.2. 기초체력

12주 유산소 및 태권도 트레이닝에 따른 기초체력의 변화는 <Table 3>과 같다. 체력 측정 인자 각각에 대한 반복측정 이원분량분석 결과 Trunk Flexion과 Side step에서 그룹간 유의한 차이가 나타났으며($p<0.05$), Sit-up에서 시기간 유의한 차이가 나타났고($p<0.05$), Sejant jump에서는 그룹과 시기 각각에서 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$). Balance를 제외한 모든 체력 측정 항목의 상호작용 효과는 나타나지 않았으며, Balance의 그룹과 시기간 상호작용 효과에 대한 사후검증 결과 트레이닝 전에 비해 트레이닝 후 ATG 그룹과 TTG 그룹의 Balance가 유의하게 증가한 것으로 나타났다($p<0.05$).

3.3. 뇌파활성도

12주 유산소 및 태권도 트레이닝에 따른 뇌파활성도의 변화는 <Table 4>와 같다. 뇌파 활성화 지수에 대한 반복측정 이원분량분석 결과 ATQ, SQ, BQ지수에서 시기간 유의한 차이가 나타났으며($p<0.05$), ATQ지수는 그룹간과 시기간 모두 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$). 그러나 모든 뇌파활성 지수의 그룹과 시기간 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

3.4. 뇌신경성장인자

12주 유산소 및 태권도 트레이닝 실시 전·후 뇌신경성장인자의 변화는 <Table 5>와 같다. 뇌신경성장인자에 대한 반복측정 이원분량분석 결과 IGF-1의 그룹과 시기 각각에서 유의한 차이가 나타났으며($p<0.05$), BDNF를 제외한 모든 뇌신경성장인자의 그룹과 시기간 상호작용 효과는 나타나지 않았다. BDNF의 그룹과 시기간 상호작용 효과에 대한 사후검증 결과 트레이닝 전에 비해 트레이닝 후 유산소 트레이닝 그룹의 BDNF가 유의하게 증가한 것으로 나타났다($p<0.05$).

4. 논 의

신체구성은 일반적으로 체지방과 체지방으로 구분되며, 체지방과 체지방의 비율은 건강상태를 추정하는 지표로 사용될 수 있다. 과도한 체지방은 고혈압, 당뇨병, 대사질환 등의 신체적 질병 뿐 아니라 정서불안, 열등감, 우울증 등의 심리적 위험을 초래할 수 있음이 보고되고 있다[13]. 체구성과 함께 건강상태를 추정하는 지표로 많이 사용되고 있는 체력은 인간의 생존과 생활의 기

Table 3. Change of Fitness

Variable	Group	Pre	Post	P-value
Sit-up(n)	CG	22.00±3.25	28.12±3.27	G: 0.230
	ATG	25.12±3.27	29.75±2.25	T: 0.00*
	TTG	25.75±5.09	29.00±3.58	G×T: 0.312
Trunk flexion(cm)	CG	6.57±11.28	10.98±8.66	G: 0.012*
	ATG	18.00±4.82	18.88±4.35	T: 0.190
	TTG	17.93±4.68	18.01±7.28	G×T: 0.381
Balance(sec)	CG	27.25±17.60	24.75±7.38	G: 0.093
	ATG	28.12±20.94	44.12±17.20 [§]	T: 0.004*
	TTG	34.87±12.42	48.25±12.19 [§]	G×T: 0.026*
Side step(n)	CG	36.37±5.55	32.12±7.69	G: 0.001*
	ATG	37.62±5.06	41.25±5.36	T: 0.605
	TTG	41.87±3.87	44.75±3.57	G×T: 0.067
Sejant jump(cm)	CG	39.87±6.19	43.87±4.18	G: 0.000*
	ATG	48.25±6.15	52.37±4.30	T: 0.019*
	TTG	51.75±7.42	53.87±4.54	G×T: 0.797

Values are means±SD. CG; Control group, ATG ; Aerobic training group, TTG; Taekwondo training group G; groups, T; time, G×T; group×time, *; $p<0.05$, [§]; vs pre($p<0.05$)

Table 4. Change of brain wave activation

Variable	Group	Pre	Post	P-value	
SQR (Self Regulation Quotient)	CG	62.44±20.90	59.18±22.58	G: 0.454	
	ATG	59.88±25.48	56.24±11.92	T: 0.935	
	TTG	64.69±16.95	70.12±23.85	G×T: 0.779	
ATQ (Attention Quotient)	Left	CG	28.78±11.37	36.47±14.18	G: 0.038*
		ATG	40.24±10.32	50.03±13.40	T: 0.003*
		TTG	37.30±14.55	51.87±12.79	G×T: 0.405
	Right	CG	31.95±9.23	38.77±14.36	G: 0.127
		ATG	38.24±16.81	52.25±9.66	T: 0.005*
		TG	38.34±15.37	50.12±11.89	G×T: 0.685
SQ (Stress Resistance Quotient)	Left	CG	56.40±14.89	70.44±11.70	G: 0.364
		ATG	64.56±12.10	76.01±10.12	T: 0.000*
		TTG	60.63±22.69	80.77±8.87	G×T: 0.593
	Right	CG	57.12±16.50	70.13±11.86	G: 0.594
		ATG	60.64±20.39	75.82±8.73	T: 0.001*
		TTG	60.58±21.59	78.62±8.68	G×T: 0.875
BQ (Brain Quotient)	CG	55.48±5.62	60.91±7.09	G: 0.172	
	ATG	60.36±7.23	65.29±7.09	T: 0.002*	
	TTG	59.16±9.01	67.24±5.73	G×T: 0.722	

Values are means±SD. CG; Control group, ATG ; Aerobic training group, TTG; Taekwondo training group G; groups, T; time, G×T; group×time, *; $p<0.05$

Table 5. Change of Neurotrophic factors

Variable	Group	Pre	Post	P-value
BDNF (pg/ml)	CG	25.84±2.87	23.60±2.54	G: 0.503
	ATG	25.38±3.10	27.80±3.76 [§]	T: 0.297
	TTG	26.62±5.80	24.12±2.78	G×T: 0.019*
NGF (pg/ml)	CG	91.5±78.01	78.9±48.74	G: 0.529
	ATG	68.3±22.32	60.6±13.61	T: 0.129
	TTG	64.9±15.09	65.5±12.08	G×T: 0.396
IGF-1 (pg/ml)	CG	225.49±45.70	202.90±62.64	G: 0.003*
	ATG	255.48±35.53	239.01±21.75	T: 0.002*
	TTG	183.84±48.06	150.83±40.37	G×T: 0.612

Values are means±SD. CG; Control group, ATG ; Aerobic training group, TTG; Taekwondo training group G; groups, T; time, G×T; group×time, *; $p<0.05$, [§]; vs pre($p<0.05$)

반이 되는 신체적 능력으로 신체의 건강 증진과 유지 및 신체 기능 향상에 매우 중요한 역할을 한다[14]. 이에 적절한 체구성 및 체력 향상을 위한 다양한 방법들이 실시되고 있는 가운데 규칙적인 유산소 운동이 체지방을 낮추고 체지방을 증가시킬 뿐 아니라 체력을 증가시키는데 있어

가장 효과적인 방법이라는 것이 많은 연구들을 통해 입증되었다[15,16]. 이러한 가운데 최근 태권도 운동이 전신을 움직이는 신체활동으로 근력 및 근지구력을 비롯한 체력의 증가와 체지방의 감소 뿐 아니라 신체의 조직력과 순환계에도 긍정적인 영향을 줄 수 있다는 많은 연구들이 보고되

고 있다[17,18,19]. 변재경 등[4]은 중년여성들을 대상으로 12주간의 태권도 프로그램에 따른 체력과 신체구성의 긍정적 변화를 보고하였으며, 이계행과 최공집[20]은 초등학생을 대상으로 24주간의 태권도 프로그램이 BMI를 감소시키고 체지방량을 증가시켰으며 근지구력과 심폐지구력을 향상시켰다고 보고하였다. 그러나 본 연구 결과에서는 12주간의 유산소 트레이닝과 태권도 트레이닝 모두 체구성을 변화시키지 못하였으며, 체력에서도 평형성을 제외한 체력요소의 변화가 없는 것으로 나타났다. 이는 태권도와 관련된 대부분의 연구들이 성장기 어린이들이나 노화에 따른 체력 저하가 진행된 중년을 대상으로 실시된 반면 본 연구에서는 건강한 체육학과 학생들을 대상으로 실시되었으며, 실시된 유산소 및 태권도의 운동강도가 이미 건강한 체구성과 체력이 형성되어 있는 대상자들을 변화시키기에 다소 부족했던 것으로 판단된다. 그러나 트레이닝을 실시하지 않은 대조그룹의 경우 체지방률이 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 이는 건강한 대학생들의 경우에도 활동량 감소가 체지방률을 증가시킬 수 있으며, 유산소 트레이닝과 태권도 트레이닝 모두 활동량 감소에 따른 체지방 증가를 예방하는데 효과적일 수 있음을 시사하고 있다. 한편 체력의 경우 유산소 트레이닝과 태권도 트레이닝 모두 평형성의 증가가 나타났다. 이는 두 운동 모두 하지를 주로 이용하는 형태로 다리 근육의 근력 및 신경적응이 증가되었을 것으로 생각되며, 특히 태권도의 경우 기본동작 중 중심(重心)과 중심(中心)의 이동에 많은 영향을 주는 서기동작의 지속적인 수행[19]과 앞차기, 돌려차기 등 균형을 필요로 하는 동작들이 평형성을 증진시키는데 효과적이었다고 생각된다.

최근 많은 연구들을 통해 규칙적인 운동이 뇌 기능을 활성화 한다는 것이 입증되었다. 운동은 뇌 신경 세포를 생성하고 학습과 기억을 담당하는 뇌 부위를 발달시켜[21] 학습능력을 향상시키는 등 뇌의 긍정적인 물리적, 기능적 변화를 유발한다고 보고되고 있다[22]. 이와 같은 운동에 따른 뇌기능의 변화는 침습적인 방법과 비침습적인 방법을 통해 입증되었으며, 대표적인 비 침습적인 방법으로 뇌파측정이 주로 이용되고 있다. 뇌파는 두피의 아주 미세한 전기적 흐름의 전위차를 파형으로 나타내는 방법으로 뇌의 활동 및 대뇌 기능을 실시간으로 조사하는데 유용한 신경과학적 연구방법의 하나이다[23]. 본 연구에서 측정된 뇌

기능지수는 각 주파수 대역별로 측정된 뇌파 수치들의 비율을 분석하고 구해진 지수들을 통해 뇌의 기능을 종합 평가하는 방법으로 점수가 높을수록 뇌의 긍정적인 상태를 의미한다[24]. 뇌기능지수 중 SRQ(자기조절지수)는 뇌의 자율적인 신경계 조절 능력을, ATQ(주의지수)는 뇌의 각성도, SQ(항스트레스지수)는 육체적, 정신적 스트레스에 대한 저항능력을, BQ(브레인지수)는 뇌의 종합적인 능력을 판단할 수 있다. 정혜연과 최재원[25]은 8주간 주 3회의 유산소 트레이닝이 어린이들의 뇌파기능을 향상시켰다고 보고하였으며, 유연호와 정연택[26]은 8주간의 대근육 트레이닝이 지적장애인들의 SQ를 증가시켰다고 보고하였고, 김영일 등[27]은 12주간의 유산소 운동이 비만 청소년들의 SQ와 BQ를 증가시켰다고 보고하는 등 규칙적인 운동이 뇌파에 미치는 긍정적인 효과가 최근 연구들을 통해 입증되었다. 본 연구에서는 12주 유산소 트레이닝 및 태권도 트레이닝 후 SQR를 제외한 모든 뇌기능활성지수들이 증가하는 경향을 나타냈지만 통계적으로 유의한 상호작용은 나타나지 않았다. 이동규 등[28]은 초등학생을 대상으로 운동강도에 따른 뇌파와 학습능력을 비교한 결과 중강도 운동군에서는 뇌파의 변화가 나타나지 않은 반면 고강도 운동군에서는 좌뇌와 우뇌 모두 긍정적인 변화가 나타났다고 보고하여 운동강도가 뇌파의 변화에 영향을 미칠 수 있음을 시사하였다.

운동에 따른 뇌기능의 변화를 측정하는 또 다른 방법으로는 혈액내 뇌신경가소성에 영향을 주는 뇌신경영양인자(neurotrophic factors)의 변화를 측정하여 분석하는 것이 주로 이용되고 있으며, 동물과 사람을 대상으로 한 여러 연구들은 운동이 대표적인 뇌 신경영양인자인 Brain-derived neurotrophic factor(BDNF), nerve growth factor(NGF), 그리고 insulin-like growth factor-1(IGF-1)에 긍정적인 변화를 유발한다는 것을 입증하였다[10,11]. BDNF는 신경세포의 성장과 발달을 유도하고 신경세포의 손상을 억제하는 등 신경세포의 생존을 향상시키는 역할을 하는 신경영양인자로 해마에 고도로 집중되어 있지만 뇌 전체에 분포되어 있으며 기억과 학습과 같은 인지 과정에 중요한 역할을 한다[29]. NGF는 말초신경계와 중추 신경계에 존재하며 신경세포의 성장과 분화 그리고 발달을 촉진시키고 뇌세포의 활성화와 시냅스의 가소성을 증가시킴으로써 기억력과 판단력을 향상시키는 역

할을 한다[30]. 그리고 IGF-1은 BDNF의 발현을 유도하는 에너지 대사 및 항상성에서 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으며, 시냅스의 가소성과 밀도, 신경 전달 및 신경 발생 등과 관련된 주요 성장 인자로 혈관 유지 및 재형성에 중요하게 관여한다[31]. 규칙적인 운동은 이와 같은 세포증식 및 성장 그리고 신경 세포의 발달 및 기능 촉진과 관련된 단백질을 상향 조절함으로써 뇌기능에 긍정적 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다[30,31]. 이러한 가운데 광익원[32]은 12주간 태권도 훈련이 초등학교 여학생들의 BDNF와 NGF를 증가시켰다고 보고하였으며, 김재호[33]는 12주간의 태권도 훈련이 초등학교 남학생들의 BDNF를 증가시켰다고 보고하였다. 또한 Cho 등[9]은 16주간의 태권도 훈련이 초등학교생의 BDNF, VEGF, IGF-1를 증가시켰다고 보고하는 등 최근 뇌 신경영양인자의 긍정적 변화를 위한 운동으로서 태권도의 효과를 입증한 연구들이 보고되고 있다. 본 연구에서는 12주간의 유산소 및 태권도 트레이닝 후 유산소 운동그룹의 BDNF가 유의하게 증가하였으며, 태권도 그룹의 BDNF를 비롯한 뇌신경성장인자의 변화는 나타나지 않았다. 전용근과 최재일[34]은 초등학교생을 대상으로 8주간의 운동형태 차이에 따른 BDNF, IGF-1, NGF의 변화를 살펴본 연구에서 유산소운동과 태권체조 모두 BDNF를 유의하게 증가시켰으나 태권체조에 비해 유산소 운동이 BDNF를 더욱 증가시켰다고 보고하였으며, IGF-1과 NGF의 경우 유산소 운동그룹에서는 증가하였으나 태권도 그룹에서는 변화가 나타나지 않았다고 보고는 등 운동형태의 차이가 뇌신경성장인자의 변화에 영향을 미칠 수 있음을 시사하였다. 한편 조수연 등[35]은 최대산소섭취량의 50%, 65%, 85%의 운동을 비교한 결과 운동강도가 높아질수록 BDNF, NGF, IGF-1가 더욱 증가한다고 보고하였으며, Ferris 등[36] 또한 환기역치 이하의 운동 강도에서는 운동전과 운동후 유의한 차이가 나타나지 않았으나 환기역치 이상의 고강도 운동후에는 혈중 BDNF 농도가 유의하게 증가하여 운동으로 증가되는 BDNF 정도는 운동 강도에 의존적이라고 보고 하였다. 이밖에도 몇몇 연구들에서 운동 강도와 순환하는 혈중 BDNF 간에는 정적 상관관계가 있으며, 중강도 이상의 운동 강도로 지속 시간을 길게 가질수록 BDNF 증가에 따른 뇌신경세포 기능 향상과 생성 증가를 가져올 수 있을 것이라고 제안하고 있어 신경성장인자에 대

한 태권도 효과를 입증하기 위해 추후 보다 다양한 운동 강도 및 지속시간을 적용한 태권도 프로그램의 연구가 실시되어야 할 것이라고 생각된다.

5. 결론

본 연구는 12주간의 규칙적인 유산소 및 태권도 운동이 뇌파 활성화 및 뇌신경성장인자에 미치는 영향을 규명하는데 목적이 있었으며, 연구결과에 대한 결론은 다음과 같다.

첫째, 12주간의 유산소 및 태권도 운동에 따른 신체구성의 변화는 나타나지 않은 것으로 나타났다.

둘째, 12주간의 유산소 및 태권도 운동은 평형성을 증가시키는 것으로 나타났다.

셋째, 12주간의 유산소 및 태권도 운동은 뇌파 활성화 변화에 효과가 없는 것으로 나타났다.

넷째, 12주간의 유산소 운동은 뇌신경성장인자 인 BDNF를 증가시키는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면 12주 규칙적인 유산소 운동은 체력과 뇌신경영양인자에 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타난 반면 태권도 운동의 경우 뇌파 활성화 및 뇌신경영양인자에 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다. 추후 체구성, 체력, 뇌기능 등에 대한 태권도의 효과를 검증하기 위해 보다 다양한 대상자와 프로그램을 적용한 지속적인 연구가 실시되어야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2015년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2015S1A5A8016945).

References

1. B. Lee, K. Kim, "Effect of Taekwondo training on physical fitness and growth

- index according to IGF-1 gene polymorphism in children”, *Korean J Physiol Pharmacol*, Vol.19, No.4 pp. 341-347, (2015).
2. S. J. Base, *(The) Effect of Taekwondo Training on Heart Autonomic Nerve Balance of Growth Elementary Students*, Chonbuk National University, (2004).
 3. M. K. Song, *The effects on Taekwondo practice for elementary school student's influency on Self-Esteem and physical activities*. Chunnam National University, (2016).
 4. J. K. Byeon, Y. A. Kwon, S. H. Park, “Effects of 12Week Taekwondo Program on Physical Fitness, Body Composition and Physical Self-Efficacy in Middle-aged Women” *Korean Journal of Sport Science*, Vol.19, No.2 pp. 12-20, (2008).
 5. H. Y. Lee, *Effects of Taekwondo poomsae training program on the health-related physical fitness, imm unoglobulin and natural killer cell of male high school students*, Busan National University, (2016).
 6. M. H. Kim, H C. Jung, H. J. Kang, H. B. Kim, J. K. Song, “Effects of 12 Weeks Taekwondo Training on Bone Mineral Density and Calcemic Hormones in Male Adolescents” *Korean Journal of Sport Science*, Vol.23 No.4 pp. 740-752, (2012).
 7. W. J. Cho, O. N. Youn, “Effects of Taekwondo Poomsae exercise program on Blood Lipid, Adiponectin, and Leptin in Middle-Aged Obese Women”, *The Korean Journal of Sport Science*, Vol.12, No.1 pp. 635-645, (2014).
 8. Y. J. Kim, E. J. Cha. S. M. Kim, K. D. Kang, D. H. Han, “The effects of Taekwondo training on brain connectivity and body intelligence” *Psychiatry Investigation*, Vol.12, No.3 pp. 335-340, (2015).
 9. S. Y. Cho, W. Y. So, H. T. Roh, “The Effects of Taekwondo Training on Peripheral Neuroplasticity-Related Growth Factors, Cerebral Blood Flow Velocity, and Cognitive Functions in Healthy Children: A Randomized Controlled Trial”. *Int J Environ Res Public Health*, Vol.14, No.5 pp. 454, (2017).
 10. M. Ploughman, M. W. Austin, L. Glynn, D. Corbett, “The effects of poststroke aerobic exercise on neuroplasticity: a systematic review of animal and clinical studies” *Transl Stroke Res*, Vol.6, No.1 pp. 13-28, (2015).
 11. J. J. Heisz, I. B. Clark, K. Bonin, E. M. Paolucci, B. Michalski, S. Becker, M. Fahnestock, “The Effects of Physical Exercise and Cognitive Training on Memory and Neurotrophic Factors” *J Cogn Neurosci*, Vol.29, No.11 pp. 1895-1907, (2017).
 12. R. A. Bruce, J. R. Blackmon, J. W. Jones, G. Strait, “Exercising testing in adult normal subjects and cardiac patients” *Pediatrics*, Vol.32, No.4 pp. 742-756, (1963).
 13. K. J. Ellis, “Human body composition: in vivo methods” *Physiol Rev.*, Vol.80, pp. 649-80, (2000).
 14. American College of Sports Medicine, ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott Williams & Wilkins, (2013).
 15. M. M. Markofski, K. Jennings, K. L. Timmerman, J. M. Dickinson, C. S. Fry, M. S. Borack, P. T. Reidy, R. R. Deer, A. Randolph, B. B. Rasmussen, E. Volpi, J. A. Gerontol, “Effect of Aerobic Exercise Training and Essential Amino Acid Supplementation for 24 Weeks on Physical Function, Body Composition and Muscle Metabolism in Healthy, Independent Older Adults: A Randomized Clinical Trial” *Biol Sci Med Sci*, Vol. 10, (2018).
 16. M. Cho, J. K. Kim, “Changes in physical fitness and body composition according to the physical activities of Korean adolescents” *J Exerc Rehabil*, Vol.13, No.5 pp. 568-572, (2017).

17. K. D. Lakes, T. Bryars, S. Sirisinahal, N. Salim, S. Arastoo, N. Emmerson, D. Kang, L. Shim, D. Wong, C. J. Kang, "The Healthy for Life Taekwondo Pilot Study: A Preliminary Evaluation of Effects on Executive Function and BMI, Feasibility, and Acceptability" *Ment Health Phys Act*, Vol.6, No.3 pp. 181-188, (2013).
18. S. S. Fong, G. Y. Ng, "Does Taekwondo training improve physical fitness?" *Phys Ther Sport*, Vol.12, No.2 pp. 100-6, (2011).
19. Y. J. An, K. S. Lee, T. W. Kim, H. J. Son, J. H. Yang, S. Y. Kim, C. H. Jang, "Inspiratory Muscle Training and Taekwondo Exercise on Physical Fitness, CRP, Pulmonary Function and Isokinetic Muscular Function in Middle Aged Male Smokers" *Exercise science*, Vol.26, No.3 pp. 212-222, (2017).
20. K. H. Lee, G. J. Choi, "The effect of Long-term Taekwondo training on the Body composition, Physical strength and Growth Hormones of Elementary School Students" *The Journal of Korean Alliance of Martial Arts*, Vol.16, No.2 pp. 115-125, (2014).
21. C. W. Cotman, N. C. Berchtold, L. A. Christie, "Exercise builds brain health: Key roles of growth factor cascades and inflammation" *Trends Neurosci*, Vol.30, No.9 pp.464-472, (2007).
22. C. J. Murrell, J. D. Cotter, K. N. Thomas, S. J. Lucas, M. J. Williams, P. N. Ainslie, "Cerebral blood flow and cerebrovascular reactivity at rest and during sub-maximal exercise: Effect of age and 12-week exercise training." *Age*, Vol.35, No.3 pp. 905-920, (2013).
23. D. J. Cho, J. Y. Shim, "Analysis of Immune Reaction of Natural Killer Cell and B Lymphocyte According to Brain Respiration Training of Elementary Students" *Korea Sport Research*, Vol.14, No.4 pp. 1389-1402, (2003).
24. S. H. Kim, K. J. Bak, S. G. Yi, "The Study on the relationship between the brain function of obese population and their level of obesity based on brainwave" *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*. Vol.13 No.7 pp. 2949-2954, (2012).
25. H. Y. Jung, J. W. Choi, "The Effects of Aerobic Exercise on Executive Function and EEG in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder" *Korean Society of Sport Psychology*, Vol.25, No.2 pp. 13-28, (2014).
26. Y. H. You, Y. T. Jeong, "Effectiveness of Participating TGMD-2 Basis Program for Intellectual & Development Disability in Brain Quotient and Exercise Perform Capability" *Journal of adapted physical activity and exercise*, Vol.23, No.1 pp. 49-63, (2015).
27. Y. I. Kim, K. W. Shin, K. B. Kim, S. H. Kang, "The Effects of Regular Aerobic Exercise on Brain Wave Activation and Brain-Derived Neurotrophic Factor in Obese School Underachievers" *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol.61, pp. 523-530, (2015).
28. D. K. Lee, E. S. Han, K. B. Ryu, "Effects of Exercise Intensity on EEG and Learning Ability" *The Journal of Korea elementary education*, Vol.27. No.1 pp. 253-267, (2016).
29. A. Gómez-Palacio-Schjetnan, M. L. Escobar, "Neurotrophins and synaptic plasticity" *Curr Top Behav Neurosci*, Vol.15, pp. 117-136, (2013).
30. P. Habibi, S. Babri, N. Ahmadiasl, H. Yousefi, "Effects of genistein and swimming exercise on spatial memory and expression of microRNA 132, BDNF, and IGF-1 genes in the hippocampus of ovariectomized rats" *Iran J Basic Med Sci*, Vol.20, No.8 pp. 856-862, (2017).
31. E. Carro, A. Nuñez, S. Busiguina, I. Torres-Aleman, "Circulating insulin-like growth factor I mediates effects of exercise on the brain" *Journal of Neuroscience*,

- Neurosci*, Vol.20, No. 8 pp. 2926-2933, (2000).
32. I. K. Kang, "Effects of Taekwondo Participation on Factors Relative to the Brain Nerve Growth in Elementary School Girls" *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, Vol.29, No.2 pp. 129-142, (2015).
33. J. H. Kim, "Influence of Taekwondo Practice Participation on BDNF, Epinephrine, Norepinephrine in Elementary School Student" *The Korean Society of Sports Science*, Vol.25, No.1 pp. 1189-1199, (2016).
34. Y. K. Jeon, J. I. Choi, "The Effect of BDNF, IGF-1 and NGF between Exercise Type in Childhood" *The Korean Society of Sports Science*, Vol.25, No.6 pp. 1255-1267, (2016).
35. S. Y. Cho, J. K. Kim, H. T. Rho, "The Effect of Acute Aerobic Exercise Intensity on Human Brain Function Index and Cognition" *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol.52, No.2 pp. 621-630, (2013).
36. L. T. Ferris, J. S. Williams, C. L. Shen, "The effect of acute exercise on serum brain-derived neurotrophic factor levels and cognitive function" *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.39, No.4 pp. 728-734, (2007).