

# 태권도 호신술 트레이닝이 중년 여성의 뇌유래신경영양인자와 마이오카인 카텝신 B에 미치는 영향

구범준<sup>1</sup> · 박경진<sup>2</sup> · 신기옥<sup>3</sup> · 고강은<sup>4\*</sup>

1. 부산여자대학교 겸임교수 2. 동아대학교 박사수로 3. 동아대학교 교수 4. 동아대학교 의과대학 박사후연구원

## 요약

**목적** 본 연구의 목적은 12주간의 태권도 호신술 트레이닝 프로그램이 중년 여성의 BDNF, IGF-1과 마이오카인 CTSB에 미치는 영향을 규명하는 것이다.

**방법** 중년 여성 20명을 대상으로 대조군(CG: 10명), 태권도 호신술 군(TSG: 10명)으로 무선 배정하였으며 태권도 호신술 트레이닝군은 1회 60분, 주 4회, 총 12주간 트레이닝 프로그램에 따라 운동을 실시하였다. 태권도 호신술 트레이닝 시작 전과 후에 각각 신체 조성, 기초체력검사와 혈액 채혈을 실시하였다.

**결과** 12주간 태권도 호신술 트레이닝에 따른 배근력, 팔굽혀펴기, 사이드스텝, 높이뛰기, 혈청 BDNF, IGF-1, CTSB에서 상호작용 효과가 나타났으며( $P < .05$ ), 이에 대한 주 효과 분석 결과 그룹 간 차이에서 사후 CG와 비교하여 TSG에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다( $P < .05$ ). 또한 태권도 호신술 트레이닝에 따른 CTSB와 BDNF의 변화량은 유의한 정적 상관( $r=0.881, P=0.001$ )이 나타났다.

**결론** 태권도 호신술 트레이닝은 BDNF, IGF-1과 마이오카인 CTSB를 증가시키는 데 효과적이었으며, 태권도 호신술 트레이닝 프로그램으로 인한 CTSB와 BDNF의 변화량은 유의한 상관관계가 나타나 CTSB의 증가에 따른 BDNF의 향상이 관계가 있음을 시사한다. 따라서 태권도 호신술 트레이닝은 노화의 진행 단계에 있는 중년 여성에서 기초체력을 증가시킬 뿐만 아니라 뇌기능과 관련된 마이오카인을 증가시킴으로써 신경영양인자의 발현을 향상시켜 인지 기능에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

**주제어** 태권도 호신술, 중년 여성, 기초체력, 신경영양인자, 마이오카인

## I. 서론

노화는 뇌 조직의 학습, 기억 및 해마 신경 발생을 감소시킬 수 있으며, 기억력, 의사 결정 및 중요한 신경 생물학적 시스템에 영향을 미치는 불치의 진행성 뇌 질환으로도 이어질 수 있다(Erickson et al., 2010). 신경영양인자(neurotrophin)는 유지, 생존 및 신경 발생에 필수적인 포유류의 고도로 보존된 단백질 계열에서 파생된다(Olson & Humpel, 2010). 알츠하이머와 같은 신경 퇴행성 질환에서 뇌유래신경영양인자(brain-derived neurotrophic factor: BDNF)와 인슐린유사성장인자1(insulin like growth factor

1: IGF-1)을 포함하여 매우 중요한 성장 인자가 하향 조절되어 알츠하이머의 병태 생리학에서 중추적인 역할을 한다(Phillips, Akif Baktir, Das, Lin & Salehi, 2015). 하지만 신경영양인자 발현이 운동의 생체 에너지에 반응하여 상향조절되며 따라서 운동은 세포 및 분자 과정을 통해 혈관, 신경 및 시냅스 신생을 촉진하여 학습, 기억 및 뇌 가소성을 향상시킨다(Raefsky & Mattson, 2017).

BDNF는 뇌가소성과 신경생성에 중요한 기능을 하는 신경영양인자로 해마와 대뇌 피질에서 티로신키나제수용체 B(tropomyosin receptor kinase B: TrkB)에 의해 매개되는 것으로 알려져 있으며 복잡한 신호전달 경로를 통해 수행되는 뇌 발달의 여러 측면에서 촉진제가 되는 물질이다(Luikart et al., 2008). BDNF의 증가는 해마 크기의 증가와

\* keko83@dau.ac.kr

함께 공간 기억과 학습 성능의 향상과 관련이 있으며, 수년간 해마와 측두엽 피질의 BDNF와 TrkB 발현이 감소할 경우, 다양한 신경 퇴행성 병리로 이어질 위험이 증가한다(Tyler, Alonso, Bramham & Pozzo-Miller, 2002; Webster, Herman, Kleinman & Weickert, 2006). 또한 IGF-1은 BDNF 발현을 유도하는 에너지 대사와 항상성을 조절하고 신경 전달, 신경 발생 및 시냅스 가소성과 관련된 주요성장인자로 잘 알려져 있다(Izzicupo et al., 2017).

운동은 뇌에 직접적인 영향을 미치는 것 외에도 마이오카인(myokine)이라고 하는 골격근 유래 인자의 분비를 통해 뇌기능을 조절하는 것으로 알려지고 있다. 마이오카인은 근육 수축에 반응하여 근육세포에 의해 합성되고 방출되는 사이토카인(cytokine) 또는 펩티드(peptide)로, 근육 대사에 대한 자가분비조절과 그 수용체를 통한 지방조직, 간 및 뇌를 포함한 다른 조직 및 기관의 파라/내분비 조절에 관여한다(Carson, 2017). 마이오스타틴(myostatin)이 마이오카인으로 처음 확인 된 이후 600개 이상의 마이오카인이 밝혀지고 있지만 이러한 마이오카인의 대부분은 아직 제대로 밝혀지지 않고 있으며, 많이 연구되고 있는 인터루킨(interleukin, IL)-6나 IL-15의 경우에도 다양한 생리적 조건들 사이에서 다양한 역할을 하며 상반된 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다(Görgens, Eckardt, Jensen, Drevon & Eckel, 2015; Lee & Jun, 2019). 그러나 최근 새로 발견된 마이오카인 중 하나인 카텡신 B(cathepsin B: CTSB)는 운동이 뇌 건강에 미치는 영향을 매개할 수 있는 말초 분비인자로 확인되었다(Moon et al., 2016). CTSB 유전자를 제거한 마우스가 자발적인 달리기로 인한 해마신경발생 및 공간기억 기능을 향상시키지 못했으며, 이러한 결과는 운동으로 인한 인지 기능 개선에서 CTSB의 역할이 중요하다는 것을 시사한다(Moon et al., 2016; Suzuki, 2016). 그러나 인간을 대상으로 한 운동 트레이닝이 말초 CTSB에 어느 정도 영향을 미치며 인지 기능과 관련 된 지표와의 상관성 또한 알려진 바가 거의 없다.

한편, 최근 여러 연구들은 태권도 트레이닝이 뇌 기능 향상에 효과적이라고 제안하고 있다(Koh, Jung & Lee, 2018; Kim, Ok & Cho, 2018; Ha, Roh, Park & Cho, 2020). 태권도는 모든 연령층을 대상으로 신체적, 심리적, 정서적 안정 등의 측면에서 심신에 발달을 가져올 수 있으며, 외부의 공격으로부터 보호하기 위한 공격과 방어 동작들이 있어 호신술로서도 매우 효과적이다. 태권도 품새는 동작을 숙지하고 반복적인 수행을 통해 암기하여 표현하는

태권도 수련 방법이며(Jeng & Jung, 2020) 전신 관절과 근육이 빠르고 복합적으로 협응하여 이루어지기 때문에 다양한 체력 요소 뿐 아니라 신속하고 정확한 판단이 필요하다(Kim et al., 2018). 특히 동작을 외워서 수행해야하기 때문에 집중력과 기억능력이 요구되어 뇌와 신경의 조화로운 능력이 필요하다(Ha et al., 2020; Kukkiwon, 2008). 태권도는 또한 실전성의 측면에서 모든 위협적인 요소들로부터 자신을 보호하는 방어 기술을 습득할 수 있으며 태권도 호신술을 통해 다양한 상황에서의 대처 방법을 자연스럽게 몸이 기억하도록 훈련할 수 있다. 이와 같은 태권도 트레이닝의 특성들이 신체적인 장점뿐만 아니라 인지적 발달을 동시에 향상시킬 수 있다고 보고되고 있지만 선행연구들은 대부분 품새와 태권체조로 구성된 동작만을 반복적으로 수행하는 태권도 트레이닝이 실시되었으며, 기본 동작 뿐 아니라 방어 및 반격의 응용 동작을 습득하고 호신술을 포함하는 태권도 호신술 트레이닝 프로그램의 인지기능 향상 효과에 대한 생리화학적 영향을 제시하고 있지 않다. 특히 본 연구의 태권도 호신술 트레이닝은 우리나라 국기인 태권도를 통한 프로그램으로 태권도의 새로운 패러다임으로 자리매김하기 위해서는 이러한 태권도 호신술 트레이닝의 과학적인 효과 검증이 반드시 필요하며(Ku, 2020), 나아가 실생활에서 태권도의 실전 무도로서의 입지를 다질 수 있을 것이다.

그러나 질병 상태가 아니라 정상적인 뇌 노화에 대한 기능 쇠퇴에서 운동 특히 태권도 호신술 트레이닝이 미치는 영향에 대한 임상적 입증은 알려진 바 없다. 여성은 나이가 들면서 폐경으로 인해 신체의 변화를 겪는데, 특히 폐경 후 인지기능의 손상과 연관이 있는 것으로 나타나 폐경 이후 여성의 인지기능의 변화는 중요한 문제가 될 수 있을 뿐만 아니라 적절히 관리하지 못할 경우 건강을 위협받을 수도 있다(Goveas, Espeland, Woods, Wassertheil -Smoller & Kotchen, 2011). 따라서 폐경기가 시작되는 45세 이상의 중년 여성들의 건강 증진을 위한 관리는 무엇보다 중요하며(Kim & Moon, 2006), 고령화 사회와 더불어 여성의 기대수명이 증가하고 있어 폐경 후 적절한 건강 증진을 위한 관리는 개인뿐만 아니라 국가적으로도 중요한 문제라 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 건강한 폐경기 중년여성을 대상으로 12주간의 규칙적인 태권도 호신술 트레이닝을 실시하여 신경영양인자인 BDNF, IGF-1과 뇌 건강에 영향을 미치는 마이오카인인 CTSB의 변화를 살펴봄으로써 운동 후 마이오카인 방출과 뇌 기능에 미치는 영향에 대한 태권

도 호신술 트레이닝의 임상 증거를 과학적으로 입증하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 B광역시에 소재한 S태권도장의 수련생 학부 모 중 중년여성을 대상으로 지원자를 공고하여 모집하였으며 본 연구의 목적과 내용 및 방법 등을 상세히 설명하고 원치 않을 경우 참여 중단을 할 수 있다는 내용을 포함한 연구 동의서를 받고 자발적인 참여를 결정한 지원자만을 피험자로 선정하였다. 모든 대상자들은 신체 건강상의 문제가 없고 의학적 질환이 없으며 태권도 수련을 경험하지 않고 특별한 운동을 하지 않는 자들이었다. 또한 본 연구는 방역 수칙을 준수하여 진행하였다.

본 연구의 대상자 수 추정은 G\*power3.1 프로그램을 이용하여 산출하였다. 유의수준 .05, 검정력  $p=.80$ , 효과크기 .40을 적용하여 추정한 결과 16명이었으나 중도 탈락을 고려하여 45세 이상 폐경기 중년여성을 대상으로 단순 무작위배정하여 각각 대조군(CG: 10명)과 태권도 호신술군(TSG: 14명)으로 나누어 총 24명을 선정하여 진행하였다. 트레이닝 참여율이 저조하거나( $n=2$ ) 건강상의 문제( $n=2$ )가 있는 대상자를 제외하고 최종적으로 CG 10명과 TSG 10명, 총 20명의 결과를 분석하였다.

연구 시작 전 D대학 생명윤리위원회(IRB) 심의(2-1040709-AB-N-01-201911-BR-017-06)를 받았으며, 연구 대상자들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of subjects

Classification	CG(n=10)	TSG(n=10)
Age(years)	51.1±0.8	49.3±1.2
Height(cm)	162.7±1.8	157.3±1.1
Weight(kg)	63.9±2.8	59.3±2.5
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	24.1±0.8	24.0±1.1
Body fat(%)	31.5±1.1	31.2±1.4

Values are means±SE. CG; Control group, TSG; Taekwondo self-defense training group

### 2. 실험설계

본 연구의 대상자들은 프로그램 시작 전 신체조성, 기초

체력검사와 함께 혈액 채혈을 실시하였으며, 사전 검사 후 태권도 호신술군은 태권도 호신술 트레이닝 프로그램을 12주간 실시하였으며 대조군 경우 트레이닝 처치 기간 동안 특별한 처치 없이 평소의 생활을 그대로 유지하도록 하였다. 12주의 태권도 호신술 트레이닝 프로그램을 종료한 후 모든 연구 대상자들은 사전 검사와 동일한 방법으로 사후 검사를 받았다.

### 3. 측정항목 및 실험방법

#### 1) 신체조성

피험자들의 신체조성은 간편한 복장으로 양말을 벗고 각종 액세서리와 금속류 등을 제거한 후 체성분 분석기(Inbody J05, Biospace, Korea)를 이용하여 체중, 신장, 체질량지수, 체지방률을 측정하였다.

#### 2) 체력검사

체력검사는 사전과 사후에 실시하였으며 근력(배근력), 유연성(윗몸 앞으로 굽히기), 순발력(높이뛰기), 근지구력(팔굽혀펴기), 민첩성(사이드스텝) 검사를 측정하였다. 배근력, 윗몸 앞으로 굽히기, 높이뛰기 검사는 TAKEI (Japan)사의 체력검사 장비를 이용하여 실시하였으며, 2회 측정 후 높은 수치를 기록하였다. 팔굽혀펴기 검사는 Daewoo sport(Korea)사의 장비를 이용하여 실시하였으며, 1분간 실시한 횟수를 측정하였다. 사이드스텝 검사는 20초 동안 좌우 120cm 간격의 선을 가운데에서 출발하여 오른쪽과 왼쪽 번갈아 가며 실시하여 횟수를 기록하였다.

#### 3) 태권도 호신술 트레이닝 프로그램

태권도 호신술 트레이닝 프로그램은 여유심박수 40~70%의 강도로 전문 지도자의 지도와 시범에 따라 1회 60분, 주 4회, 총 12주간 진행되었으며, 피험자들은 심박수 측정계(Polar M430)를 착용한 후 모니터링 하였다.

태권도 호신술 트레이닝 프로그램은 태권도 호신술 지도자 양성과정 교재 3급 (World Taekwondo Academy: WTA, 2020)에 나오는 호신술동작으로 구성하였으며, 태권도 호신술 트레이닝 프로그램의 자세한 내용은 <Table 2>와 같다.

Table 2. Taekwondo self-defense training program

Classification	Contents	Period	Intensity	Frequency	
Warm-up (10min)	Static stretching				
Main exercise (40min)	Punching (left, right 5times) (1-2 min rest after each action)	Left / right punching	1~4 week	HRR 40~50%	4 times a week
		Round punching			
		Upper cut punching			
	Hitting(left, right 5times) (1-2 min rest after each action)	Hand blade outward strike	5~8 week	HRR 50~60%	
		Back fist outward strike			
		Palm fist front strike			
		Elbow round strike			
		Knee upper strike			
		Knee round strike			
		Brow front strike			
Kicking(left, right 5times) (1-2 min rest after each action)	Front kick	9~12 week	HRR 60~70%		
	Round house kick				
	Side kick				
Contextual Self-defense(left, right 5times) (1-2 min rest after each action)	1-10 times training				
Cool-down (10min)	Static stretching				

(WTA, 2020)

#### 4) 혈액 분석방법

모든 연구 대상자들은 10시간 공복을 한 후 측정 당일 검사실에 도착하여 30분 간 안정을 취한 다음에 전완 정맥에서 채혈을 실시하였으며, 채혈 된 혈액은 원심분리기(MF-300, Hanil Science Inc., Korea)를 이용하여 혈청을 분리시켜 -80℃ 초저온 냉동고에 분석 시까지 보관하였다.

혈중 BDNF, IGF-1, CTSB의 농도 분석은 효소결합면역흡착검사(sandwich ELISA)방법으로 분석하였으며, BDNF는 Human BDNF kit(DY248, R&D systems, Minneapolis, MN, USA), IGF-1은 human IGF-1 kit(DY291-05, R&D systems, Minneapolis, MN, USA), CTSB는 human cathepsin B kit(DY2176, R&D systems, Minneapolis, MN, USA)를 사용하여 microplate reader(spectramax M2e Microplate reader, Molecular device, USA)를 이용하여 450nm에서 흡광도를 측정하여 정량화하였다.

#### 4. 자료처리

본 연구의 모든 자료는 spss 21.0 프로그램을 이용하여 기술통계량을 산출하였다. 그룹 간과 시기 간의 차이검증을 동시에 분석하기 위해 반복 이원변량분산분석(Repeated

Measures Two-way ANOVA)을 수행하였다. 상호작용 효과가 유의한 경우 집단 내 전후 차이는 대응표본 *t*검증으로, 집단 간 차이는 독립표본 *t*검증을 실시하였다. 또한 태권도 호신술 트레이닝에 따른 혈중 CTSB와 BDNF, IGF-1 간의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson의 상관계수를 이용하여 확인하였다. 모든 통계적 유의확률은 *P*<.05로 설정하였다.

### Ⅲ. 연구결과

#### 1. 신체조성

본 연구에서 12주 간 태권도 호신술 트레이닝에 따른 신체 조성의 변화는 <Table 3>과 같이 나타났다. 신체조성 각각의 인자에 대한 반복측정 이원변량분산분석 결과 집단 내(시기)와 집단 간(그룹) 차이 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

#### 2. 체력측정의 변화

12주 간 태권도 호신술 트레이닝에 따른 체력은 <Table

Table 3. Changes in body composition

Variables	Group	Pre	Post	Δ%		F	P
Weight (kg)	CG	63.9±2.8	64.1±2.8	0.3	G	1.598	0.222
	TSG	59.3±2.5	59.0±2.7	-0.6	T	0.140	0.713
					G×T	1.714	0.207
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	CG	24.1±0.8	24.1±0.8	0.0	G	0.019	0.893
	TSG	24.0±1.1	23.8±1.1	-1.1	T	2.000	0.174
					G×T	2.332	0.144
Body fat (%)	CG	31.5±1.1	32.0±1.2	1.5	G	0.135	0.717
	TSG	31.2±1.4	31.0±1.4	-0.4	T	0.671	0.424
					G×T	2.099	0.165

Values are means±SE. CG; Control group, TSG; Taekwondo self-defense training group, G; groups, T; time, G×T; group×time

Table 4. The changes in basic fitness test

Variables	Group	Pre	Post	Δ%		F	P
Back strength (kg)	CG	56.9±0.4	56.1±1.0	-1.4	G	5.803	0.027*
	TSG	57.1±0.4	60.3±0.9**	5.8	T	6.522	0.020*
					G×T	17.939	0.000*
Trunk flexion (cm)	CG	19.9±0.5	19.4±0.5	-2.3	G	6.578	0.019*
	TSG	21.5±0.7	21.8±0.5	1.6	T	0.068	0.798
					G×T	2.369	0.141
Sergeant Jump (cm)	CG	24.2±0.5	24.0±0.7	-0.8	G	4.658	0.045*
	TSG	24.8±0.5	26.3±0.4**	6.3	T	4.213	0.055
					G×T	7.205	0.015*
Push-up (num/min)	CG	17.4±0.3	17.7±0.3	1.7	G	4.787	0.042*
	TSG	17.5±0.3	19.8±0.8**	13.0	T	7.780	0.012*
					G×T	4.604	0.046*
Side step (n)	CG	7.3±0.2	7.2±0.2	-1.4	G	3.768	0.068
	TSG	7.4±0.2	8.2±0.2**	11.1	T	6.785	0.018*
					G×T	11.215	0.004*

Values are means±SE. CG; Control group, TSG; Taekwondo self-defense training group, G; groups, T; time, G×T; group×time

\* $P<.05$ , \*\*Compared with pre within the group( $P<.05$ ), \*Compared with CG within the time( $P<.05$ )

4)와 같이 나타났다. 12주간 태권도 호신술 트레이닝에 따른 체력측정 항목들은 유연성(윗몸 앞으로 굽히기)을 제외한 모든 항목에서 상호작용효과가 나타났으며( $P<.05$ ), 이에 대한 주 효과 분석 결과 사후 CG와 비교하여 TSG에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다( $P<.05$ ).

### 3. 신경영양인자(BDNF, IGF-1)와 뇌기능 관련 마이오카인(CTSB)의 변화

12주 간 태권도 호신술 트레이닝에 따른 혈중 신경영양인자와 마이오카인의 변화는 <Table 5>와 같이 나타났다.

12주간 태권도 호신술 트레이닝에 따른 혈청 BDNF, IGF-1, CTSB 모두에서 상호작용효과가 나타났으며( $P<.05$ ), 이에 대한 주 효과 분석 결과 사후 CG와 비교하여 TSG에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다( $P<.05$ ).

### 4. 신경영양인자와 뇌기능 관련 마이오카인과의 상관관계

12주 간 태권도 호신술 트레이닝에 따른 혈청 신경영양인자와 마이오카인 변화량의 상관관계는 <Figure 1>과 같이 나타났다. CTSB는 BDNF( $r=0.881$ ,  $P=0.001$ )와는 유의

Table 5. The changes in the neurotrophins and myokine related to brain function

Variables	Group	Pre	Post	Δ%		F	P
BDNF (ng/ml)	CG	18.3±1.5	17.5±0.9	-4.3	G	0.010	0.010*
	TSG	18.5±1.0	24.7±1.1**	35.6	T	7.373	0.014*
					G×T	12.293	0.003*
IGF (ng/ml)	CG	179.2±13.5	166.7±16.4	-7.0	G	3.717	0.070
	TSG	181.0±18.0	228.8±13.0**	28.7	T	1.570	0.226
					G×T	4.569	0.047*
CTSB (ng/ml)	CG	18.7±1.9	18.2±1.5	-3.0	G	1.130	0.302
	TSG	17.9±0.9	23.0±1.5**	28.0	T	5.311	0.033*
					G×T	8.322	0.010*

Values are means±SE. CG; Control group, TSG; Taekwondo self-defense training group, G; groups, T; time, G×T; group×time  
 \*P<.05, \*\*Compared with pre within the group(P<.05), \*Compared with CG within the time(P<.05)

한 정적 상관관이 나타났으며, IGF-1( $r=0.553, P=0.098$ )과는 유의한 상관관계가 나타나지 않았다.

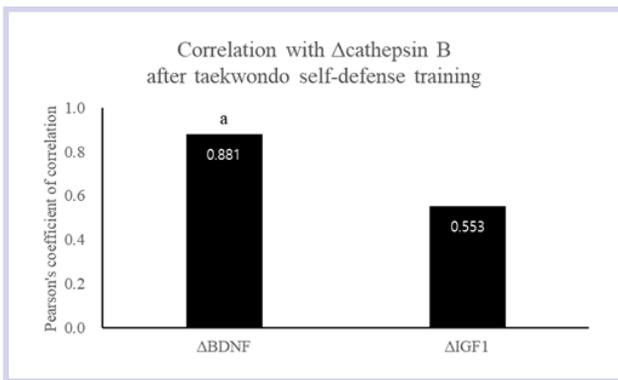


Figure 1. Correlation between serum neurotrophins and myokine cathepsin B delta values due to taekwondo training (Pearson's correlation coefficient, a;  $p<.05$ )

### IV. 논 의

나이가 들어감에 따라 전신 건강은 주로 신체 안정성, 운동 능력 및 대사 항상성을 제어하는 건강한 골격근에 의존하며 노화에 따른 골격근의 구조적, 기능적 약화는 심각한 질환을 동반할 위험이 높고 결과 또한 좋지 못해 사회경제적으로도 문제가 될 수 있다(Crescioli, 2020). 따라서 신체 노화로 인한 삶의 질을 효율적으로 높이기 위한 보호 전략이 필요한데, 신체적인 활동은 근육 조직 질량을 유지하는 것뿐만 아니라 근육 조직의 분비 기능을 보존함으로써 노화 및 대사의 약화를 완화시킬 수 있다(Crescioli, 2020). 마이오카인은 근 수축 하에 근육 섬유에 의해 발현

및 방출되며 국소 및 다발성 효과를 발휘한다(Leal, Lopes & Batista, 2018). 이러한 마이오카인 작용은 골격근이 내분비 기관으로 작동한다는 증거를 제공한다. 신체 운동 중에 방출되는 IL-6, IL-10, IL-1ra와 같은 마이오카인은 건강상의 이점을 제공하며, 운동으로 인한 말초 마이오카인의 수준 변화가 좌식생활과 많은 만성질환 및 노화와 연관성을 설명하는 매커니즘이 될 수 있다(Leal et al., 2018). 또한 운동으로 인한 마이오카인의 유전자 및 단백질 발현 수준 변화와 체력과의 연관성은 유의미한 결과를 보인다고 보고되고 있다(Covington et al., 2016; Moon et al., 2016). 체력은 신체의 건강 증진과 기능 유지 및 향상에 중요한 역할을 하며 체력 향상을 위한 방법으로 태권도 훈련이 긍정적인 영향을 줄 수 있다(Kim et al., 2018). 본 연구에서는 12주 간의 태권도 호신술 트레이닝으로 인해 체구성은 변화시키지 못했지만 체력 항목 중 근력, 근지구력, 순발력, 민첩성 검사에서 유의하게 향상되는 결과를 보였다. 이것은 노화로 인해 체력저하가 진행 된 중년을 대상으로 실시한 다양한 태권도 프로그램의 향상된 체력 결과와 일치하며(Byeon, 2008; Ku, 2020), 특히 태권도 호신술 트레이닝은 체력 향상에 효과적이라고 볼 수 있다. 최근에는 고령화가 점점 심해짐에 따라 노화로 인한 인지 및 운동 기능의 감소를 지연시키기 위해 다양한 연구가 진행되고 있으며, 특히 운동과 인지기능 사이의 상관관계에 대한 연구들이 주목 받고 있다(Yaffe, Barnes, Nevitt, Lui, & Covinsky, 2001; Colcombe & Kramer, 2003). 운동은 다양한 신경전달물질, 호르몬, 신경영양인자의 변화로 인해 신경 세포생성이 촉진되어 뇌기능을 향상시킨다(Kim, 2007). 특히 운동 시 증가하는 다양한 신경영양인자는 운동의 뇌기능 향상에 결정적인 역할을 하는 중요한 요

인이다.

대표적인 신경영양인자에는 BDNF, IGF-1 등이 있으며, BDNF는 거의 모든 뇌 영역에 존재하며(Conner, Lauterborn, Yan, Gall, & Varon, 1997), 뇌의 발달과정, 신경, 신경교 및 시냅스 생성 조절, 신경 보호, 기억 및 인지 메커니즘에 영향을 미치는 단기 및 장기 시냅스 상호 작용을 제어한다(Cowansage, LeDoux & Monfils, 2010; Lipsky & Marini, 2007). 노화로 인한 BDNF의 감소는 해마 기능 장애 및 기억 장애와 연관이 있지만 운동은 BDNF를 증가시켜 해마의 약화를 개선하고 기억기능을 향상시킨다(Erickson, Miller & Roecklein, 2012). 설치류에서 운동은 해마와 피질 영역에서 BDNF 발현을 증가시키는 것으로 나타났으며(Uysal et al., 2015), 또한 혈청과 피질 BDNF 수준 사이에 연관성이 있어 말초 혈청 BDNF가 피질 농도의 대리 역할을 할 수 있다고 보고하고 있다(Karege, Schwald & Cisse, 2002).

IGF-1은 시냅스 가소성, 밀도, 신경전달 및 신경 발생을 조절하는 인자로(Trejo et al., 2007), 노화로 인한 IGF-1의 감소는 뇌혈관 밀도 및 혈류 감소와도 관련이 있다(Sonntag, Lynch, Cooney & Hutchins, 1997). 동물 연구에서 운동은 뇌가 순환하는 IGF-1의 흡수를 증가시켜 뇌손상을 예방하고 보호한다고 보고하였다(Carro, Trejo, Busiguina, & Torres-Aleman, 2001).

인간을 대상으로 한 운동으로 인한 혈청 신경영양인자의 변화를 본 연구들을 자세히 살펴보면, 대사증후군이나 2형 당뇨병을 앓고 있는 중년 성인을 대상으로 고정식 자전거 운동은 혈청 BDNF를 유의하게 증가시켰고(Tsai, Chan, Liang, Hsu & Lee, 2015), 무릎 골관절염이 있는 노인 여성을 대상으로 한 단기(20분) 및 장기(12주)의 트레드밀 운동은 모두 혈장 BDNF를 증가시켰다(Gomes et al., 2014). 또한 건강한 노인 남성을 대상으로 단기 근력운동과 지구성 운동은 모두 혈청 BDNF와 IGF-1을 유의하게 증가시켰다(Arazi, Babaei, Moghimi & Asadi, 2021). 하지만 건강한 노인을 대상으로 한 장기(12주)의 트레드밀 운동은 BDNF, IGF-1, VEGF는 변화가 없었다(Maass et al., 2016). Knaepen, Goekint, Heyman & Meeusen(2010)은 건강한 피험자를 대상으로 한 연구 중 69%와 만성질환 장애를 대상으로 한 연구 중 86%는 급성(단기) 유산소 운동 후에 BDNF의 수준이 증가했다고 보고했다.

본 연구는 건강한 중년 여성을 대상으로 12주간 태권도 호신술 트레이닝으로 인해 혈청 BDNF와 IGF-1이 트레이닝 전에 비해 후에 유의하게 증가하였으며, 사후 그룹 간

차이에서도 대조군에 비해 유의하게 증가하는 결과를 보였다. Kim(2016)은 남자 초등학교를 대상으로 한 12주간 품새 1~8장으로 구성된 태권도 트레이닝이 BDNF를 증가시켰다고 보고하였으며, Koh et al.(2018) 또한 초등학교를 대상으로 일반적인 태권도 프로그램에 점프와 구르기 동작을 포함한 성장판 자극 운동과 인지기능 향상을 위한 태권도 동작을 포함한 새로운 태권도 프로그램을 12주 간 실시한 결과 혈청 BDNF가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 또한 Ha et al.(2020)의 연구에서는 비만한 중년 여성을 대상으로 16주 간 품새와 태권체조를 포함한 태권도 프로그램이 혈청 BDNF와 IGF-1을 증가시켰다고 보고하였다. 반면 Kim et al.(2018)은 남자 대학생을 대상으로 한 12주 간의 유산소 및 태권도 트레이닝 후 혈청 BDNF가 유산소 트레이닝 군에서는 유의한 증가를 보였지만 태권도 트레이닝 군에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과들은 대상자별 태권도 프로그램에 따라 차이를 보일 수 있지만 본 연구에서 기본 동작, 방어 및 반격동작뿐 아니라 호신술을 통한 동작의 응용 및 협응의 향상을 포함한 태권도 호신술 프로그램이 노화의 진행단계에 있는 중년 여성에서 혈청 BDNF와 IGF-1이 향상된다는 것을 보여준다. 이러한 신경영양인자들의 유의한 증가는 태권도 호신술 프로그램이 뇌 기능 향상에 도움을 줄 뿐만 아니라 뇌의 노화를 늦춰주는 데 도움이 될 수 있다는 것을 보여준다.

운동은 마이오카인인 CTSB의 수준을 증가시켜 해마 발현을 촉진하고 신경발생을 자극한다(Pedersen, 2019). CTSB는 모든 인간 조직에서 발현되는 가장 풍부한 시스템인 프로테아제로(Chapman, Riese & Shi, 1997), 신경보호 리소좀 활성화 및 신경 생존에 중요하며(Hook et al., 2005), 항 아밀로이드를 활성화 한다(Mueller-Steiner et al., 2006). 최근 Moon et al.(2016)은 CTSB가 혈액-뇌 장벽(Blood-brain barrier)을 통과하고 뇌에서 이중 코르틴 및 BDNF의 생성을 유도하여 인지 및 기억 기능을 향상시켜 CTSB의 발현 수준이 해마 의존적 기억 능력과 관련이 있다고 보고하였다. 또한 운동 트레이닝은 쥐, 원숭이, 인간의 비복근, 해마 및 혈장에서 CTSB를 유도하는데, 특히 건강한 젊은 성인에서 4개월 동안의 트레드밀 운동은 CTSB를 증가시켰으며 이러한 증가는 체력과 해마 의존 기억 능력과 관련이 있었다(Moon et al., 2016). 또한 Sung, Kang, Park & Park(2017)의 연구는 운동 형태에 따른 비만 중년 여성의 혈중 CTSB의 수준이 운동 12주 후에 저항성군에서만 유의한 증가를 보였으며 유산소군은 증가하는 경향만

있었다. 본 연구에서 중년 여성에게 태권도 호신술 트레이닝 프로그램은 수행 후에 혈청 CTSB가 트레이닝 전에 비해 후에 유의하게 증가하였으며, 사후 그룹 간 차이에서도 대조군에 비해 유의하게 증가하였다. 이것은 새로운 태권도 호신술 트레이닝 프로그램이 근육의 수축과 이완 활성이 더욱 효과적으로 작용하여 마이오카인인 CTSB를 향상시켰다고 볼 수 있다. 또한 태권도 호신술 트레이닝에 따른 혈청 CTSB와 신경영양인자 변화량과의 상관관계에서 CTSB와 IGF-1은 유의한 상관을 보이지 않았지만 CTSB와 BDNF는 유의한 정적 상관이 나타나 CTSB의 증가에 따른 BDNF의 향상이 관계가 있음을 시사한다.

## V. 결 론

본 연구는 중년 여성을 대상으로 12주 간의 태권도 호신술 트레이닝이 신경영양인자인 BDNF, IGF-1 그리고 뇌기능 관련 마이오카인인 CTSB의 변화에 미치는 영향을 알아보는 데 목적이 있었다. 본 연구결과 기본 동작, 방어 및 반격동작에 맞춘 상황별 호신술을 통한 동작의 응용 및 협응의 향상을 포함한 새로운 태권도 호신술 트레이닝은 유연성 항목을 제외한 기초체력(배근력, 높이뛰기, 팔굽혀펴기, 사이드스텝)과 BDNF, IGF-1과 CTSB를 향상시키는 데 효과적이었으며, CTSB와 BDNF의 변화량은 유의한 상관관계가 나타나 태권도 호신술 트레이닝 프로그램으로 인한 CTSB의 증가에 따른 BDNF의 향상이 관계가 있음을 시사한다. 따라서 태권도 호신술 트레이닝은 노화의 진행 단계에 있는 중년 여성에서 기초체력을 증가시킬 뿐만 아니라 뇌기능과 관련 된 마이오카인을 증가시킴으로써 신경영양인자의 발현을 향상시켜 인지기능에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

## References

- Arazi, H., Babaei, P., Moghimi, M., & Asadi, A. (2021). Acute effects of strength and endurance exercise on serum BDNF and IGF-1 levels in older men. *BMC geriatrics*, 21(1), 1-8.
- Byeon, J. K. (2008). Effects of 12 weeks taekwondo program on physical fitness, body composition and physical self-efficacy in middle-aged women. *Korea J Sports Science*, 19, 12-20.
- Carro, E., Trejo, J. L., Busiguina, S., & Torres-Aleman, I. (2001). Circulating insulin-like growth factor I mediates the protective effects of physical exercise against brain insults of different etiology and anatomy. *Journal of Neuroscience*, 21(15), 5678-5684.
- Carson, B. P. (2017). The potential role of contraction-induced myokines in the regulation of metabolic function for the prevention and treatment of type 2 diabetes. *Frontiers in endocrinology*, 8, 97.
- Chapman, H. A., Riese, R. J., & Shi, G. P. (1997). Emerging roles for cysteine proteases in human biology. *Annual review of physiology*, 59(1), 63-88.
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological science*, 14(2), 125-130.
- Conner, J. M., Lauterborn, J. C., Yan, Q., Gall, C. M., & Varon, S. (1997). Distribution of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) protein and mRNA in the normal adult rat CNS: evidence for anterograde axonal transport. *Journal of Neuroscience*, 17(7), 2295-2313.
- Covington, J. D., Tam, C. S., Bajpeyi, S., Galgani, J. E., Noland, R. C., Smith, S. R., Redman, L. M., & Ravussin, E. (2016). Myokine expression in muscle and myotubes in response to exercise stimulation. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(3), 384-390.
- Cowansage, K. K., LeDoux, J. E., & Monfils, M. H. (2010). Brain-derived neurotrophic factor: a dynamic gatekeeper of neural plasticity. *Current molecular pharmacology*, 3(1), 12-29.
- Crescioli, C. (2020). Targeting age-dependent functional and metabolic decline of human skeletal muscle: the geroprotective role of exercise, myokine IL-6, and vitamin D. *International journal of molecular sciences*, 21(3), 1010.
- Erickson, K. I., Miller, D. L., & Roecklein, K. A. (2012). The aging hippocampus: interactions between exercise, depression, and BDNF. *The Neuroscientist*, 18(1), 82-97.
- Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., Chaddock, L., Heo, S., McLaren, M., Pence, B. D., Martin, S. A., Vieira, V. J., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2010). Brain-derived neurotrophic factor is associated with age-related decline in hippocampal volume. *Journal of Neuroscience*, 30(15), 5368-5375.
- Gomes, W. F., Lacerda, A. C. R., Mendonça, V. A., Arrieiro, A. N., Fonseca, S. F., Amorim, M. R., Teixeira, A. L., Teixeira, M. M., Miranda, A. S., Coimbra, C. C., & Brito-Melo, G. E. (2014). Effect of exercise on the plasma BDNF levels in elderly women with knee osteoarthritis. *Rheumatology international*, 34(6), 841-846.
- Görgens, S. W., Eckardt, K., Jensen, J., Drevon, C. A., & Eckel, J. (2015). Exercise and regulation of adipokine and myokine production. *Progress in molecular biology and translational science*, 135, 313-336.

- Goveas, J. S., Espeland, M. A., Woods, N. F., Wassertheil-Smoller, S., & Kotchen, J. M. (2011). Depressive symptoms and incidence of mild cognitive impairment and probable dementia in elderly women: the Women's Health Initiative Memory Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(1), 57-66.
- Ha, M. S., Roh, H. T., Park, H. C., & Cho, S. Y. (2020). The effects of regular taekwondo exercise on brain wave activation and neurotrophic factors in undergraduate male students. *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, 37(2), 354-361.
- Hook, V., Toneff, T., Bogyo, M., Greenbaum, D., Medzihradzsky, K. F., Neveu, J., Lane, W., Hook, G., & Reisine, T. (2005). Inhibition of cathepsin B reduces  $\beta$ -amyloid production in regulated secretory vesicles of neuronal chromaffin cells: evidence for cathepsin B as a candidate  $\beta$ -secretase of Alzheimer's disease. *Biological chemistry*, 386(9), 931-940.
- Izzicupo, P., D'Amico, M. A., Di Blasio, A., Napolitano, G., Di Baldassarre, A., & Ghinassi, B. (2017). Nordic walking increases circulating VEGF more than traditional walking training in postmenopause. *Climacteric*, 20(6), 533-539.
- Jeng, M. K., & Jung, H. H. (2020). Effects of taekwondo and cognitive intervention program on dementia risk factor and self-efficacy in mild depression of elderly women. *Journal of Sport and Leisure Studies* 79, 353-364.
- Karege, F., Schwald, M., & Cisse, M. (2002). Postnatal developmental profile of brain-derived neurotrophic factor in rat brain and platelets. *Neuroscience letters*, 328(3), 261-264.
- Kim, H. (2007). Effect of Exercise on Neurogenesis and Cognitive Function in Brain. *Journal of Coaching Development*, 9(2), 15-27.
- Kim, J. H. (2016). Influence of Taekwondo Practice Participation on BDNF, Epinephrine, Norepinephrine in Elementary School Student. *Korean Journal of Sports Science* 25(1), 1189-1199.
- Kim, J. H., & Moon, H. S. (2006). Health perception, body image, sexual function and depression in menopausal women according to menopausal stages. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 36(3), 449-456.
- Kim, Y. I., Ok, D. P., & Cho, S. Y. (2018). The effects of regular taekwondo exercise on brain wave activation and neurotrophic factors in undergraduate male students. *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, 35(2), 412-422.
- Knaepen, K., Goekint, M., Heyman, E. M., & Meeusen, R. (2010). Neuroplasticity—exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor. *Sports medicine*, 40(9), 765-801.
- Koh, Y. J., Jung, W. S., & Lee, M. G. (2018). Effects of the 12-weeks growth and cognition focused taekwondo program to fitness, growth, and cognitive function in elementary students. *Taekwondo Journal of Kukkiwon*, 9(2), 199-220.
- Ku, B., J. (2020). *The effect of regular Taekwondo self-defense training on physical fitness and inflammation markers and antioxidants of menopausal women*. Unpublished PhD dissertation, Dong-A University.
- Kukkiwon(2006). *Taekwondo Textbook*. Seoul: Osung Publishing House.
- Kukkiwon(2008). *The Textbook of Taekwondo Poomsae*. Seoul: Osung Publishing House.
- Leal, L. G., Lopes, M. A., & Batista Jr, M. L. (2018). Physical exercise-induced myokines and muscle-adipose tissue crosstalk: a review of current knowledge and the implications for health and metabolic diseases. *Frontiers in physiology*, 9, 1307.
- Lee, K., J., & Rhyu, I., J. (2009). Effects of Exercise on Structural and Functional Changes in the Aging Brain. *Journal of the Korean Medical Association* 52(9), 907-919.
- Lipsky, R. H., & Marini, A. M. (2007). Brain-derived neurotrophic factor in neuronal survival and behavior-related plasticity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1122(1), 130-143.
- Luikart, B. W., Zhang, W., Wayman, G. A., Kwon, C. H., Westbrook, G. L., & Parada, L. F. (2008). Neurotrophin-dependent dendritic filopodial motility: a convergence on PI3K signaling. *Journal of Neuroscience*, 28(27), 7006-7012.
- Maass, A., Düzel, S., Brigadski, T., Goerke, M., Becke, A., Sobieray, U., Neumann, K., Lövdén, M., Lindenberger, U., Bäckman, L., Braun-Dullaeus, R., Ahrens, D., Heinze, H. J., Müller, N. G., Lessmann, V., Sendtner, M., & Düzel, E. (2016). Relationships of peripheral IGF-1, VEGF and BDNF levels to exercise-related changes in memory, hippocampal perfusion and volumes in older adults. *Neuroimage*, 131, 142-154.
- Moon, H. Y., Becke, A., Berron, D., Becker, B., Sah, N., Benoni, G., Janke, E., Lubejko, S. T., Greig, N. H., Mattison, J. A., Duzel, E., & van Praag, H. (2016). Running-induced systemic cathepsin B secretion is associated with memory function. *Cell metabolism*, 24(2), 332-340.
- Mueller-Stainer, S., Zhou, Y., Arai, H., Roberson, E. D., Sun, B., Chen, J., Wang, X., Yu, G., Esposito, L., Mucke, L., & Gan, L. (2006). Anti-amyloidogenic and neuroprotective functions of cathepsin B: implications for Alzheimer's disease. *Neuron*, 51(6), 703-714.
- Olson, L., & Humpel, C. (2010). Growth factors and cytokines/chemokines as surrogate biomarkers in cerebrospinal fluid and blood for diagnosing Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Experimental gerontology*,

- 45(1), 41-46.
- Pedersen, B. K. (2019). Physical activity and muscle-brain crosstalk. *Nature Reviews Endocrinology*, 15(7), 383-392.
- Phillips, C., Akif Baktir, M., Das, D., Lin, B., & Salehi, A. (2015). The link between physical activity and cognitive dysfunction in Alzheimer disease. *Physical Therapy*, 95(7), 1046-1060.
- Raefsky, S. M., & Mattson, M. P. (2017). Adaptive responses of neuronal mitochondria to bioenergetic challenges: Roles in neuroplasticity and disease resistance. *Free Radical Biology and Medicine*, 102, 203-216.
- Sonntag, W. E., Lynch, C. D., Cooney, P. T., & Hutchins, P. M. (1997). Decreases in cerebral microvasculature with age are associated with the decline in growth hormone and insulin-like growth factor 1. *Endocrinology*, 138(8), 3515-3520.
- Sung, K. Y., Kang, S., Park, J. Y., & Park, K. M. (2017). Effects of myokine factors on exercise types in obese women. *Exercise Science*, 26(4), 275-280.
- Suzuki, W. A. (2016). How body affects brain. *Cell metabolism*, 24(2), 192-193.
- Trejo, J. L., Piriz, J., Llorens-Martin, M. V., Fernandez, A. M., Bolos, M., LeRoith, D., Nuñez, A., & Torres-Aleman, I. (2007). Central actions of liver-derived insulin-like growth factor I underlying its pro-cognitive effects. *Molecular psychiatry*, 12(12), 1118-1128.
- Tsai, S. W., Chan, Y. C., Liang, F., Hsu, C. Y., & Lee, I. T. (2015). Brain-derived neurotrophic factor correlated with muscle strength in subjects undergoing stationary bicycle exercise training. *Journal of diabetes and its complications*, 29(3), 367-371.
- Tyler, W. J., Alonso, M., Bramham, C. R., & Pozzo-Miller, L. D. (2002). From acquisition to consolidation: on the role of brain-derived neurotrophic factor signaling in hippocampal-dependent learning. *Learning & memory*, 9(5), 224-237.
- Uysal, N., Kiray, M., Sisman, A. R., Camsari, U. M., Gencoglu, C., Baykara, B., Cetinkaya, C., & Aksu, I. (2015). Effects of voluntary and involuntary exercise on cognitive functions, and VEGF and BDNF levels in adolescent rats. *Biotechnic & Histochemistry*, 90(1), 55-68.
- Webster, M. J., Herman, M. M., Kleinman, J. E., & Weickert, C. S. (2006). BDNF and trkB mRNA expression in the hippocampus and temporal cortex during the human lifespan. *Gene Expression Patterns*, 6(8), 941-951.
- World Taekwondo Academy(2020). *Taekwondo Self Defence Instructor Training Course Textbook*. Seoul: World Taekwondo Academy.
- Yaffe, K., Barnes, D., Nevitt, M., Lui, L. Y., & Covinsky, K. (2001). A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Archives of internal medicine*, 161(14), 1703-1708.

## The Effect of Taekwondo Self-defense Training on Brain-Derived Neurotrophic Factor and Myokine Cathepsin B in Middle-aged Women

Ku, Beom-Jun<sup>1</sup> · Park, Kyung-Jin<sup>2</sup> · Shin, Ki-Ok<sup>3</sup> · Ko, Kang-Eun<sup>4</sup>\*

1. Busan Woman's College, Adjunct Professor 2. Dong-A University, Ph.D. Candidate  
3. Dong-A University, Professor 4. Dong-A University College of Medicine, Postdoctoral researcher

### Abstract

**Purpose** The purpose of this study was to investigate the effects of 12-week taekwondo self-defense training program on BDNF, IGF-1 and myokine CTSB in middle-aged women.

**Method** 20 middle-aged women over the age of 45 were randomly assigned to the control group(CG, n=10) and the taekwondo self-defense group(TPG, n=10). Taekwondo self-defense group exercised according to training programs for 60 minutes once, 4 times a week, for a total of 12 weeks. Body composition, fitness test and blood collection were performed before and after 12 weeks of taekwondo training, respectively.

**Results** BDNF significantly increased after training in TSG compared to before training, and significantly increased in TSG compared to CG after training. IGF-1 significantly increased after training in TPG and TSG, and CTSB significantly increased after training in TSG only. In addition, there was a significant positive correlation between the delta values of serum CTSB and BDNF due to taekwondo training.

**Conclusion** Taekwondo self-defense training was effective in increasing BDNF, IGF-1 and myokine CTSB. The delta values of CTSB and BDNF from the Taekwondo self-defense training program showed a significant correlation, suggesting that the increase of CTSB is associated with the improvement of BDNF. Therefore, Taekwondo self-defense training is thought to have a positive effect on cognitive function by enhancing the expression of neurotrophin by increasing the myokine related to brain function as well as increasing physical fitness in middle-aged women in the advanced stage of aging.

**Keywords** Taekwondo self-defense, Middle-aged women, Physical fitness, Nuerotrophin, Myokine

논문투고일: 2021.05.04.

논문심사일: 2021.06.02.

심사완료일: 2021.06.23.

논문발간일: 2021.06.30.

