

핀수영 운동이 남자 청소년의 뇌파, 혈압 및 안정 시 심박수에 미치는 영향

이영준[†]

송실대학교 스포츠학부

(2018년 11월 24일 접수: 2018년 12월 20일 수정: 2018년 12월 21일 채택)

The Effects of Finswimming Exercise on Electroencephalogram(EEG), Blood pressure, and Resting heart rate in Male Adolescents

Young-Jun Lee[†]

Department of Sports, Soong-Sil University, Sangdo-ro 369, Dongjak-gu, Seoul, Korea

(Received November 24, 2018; Revised December 20, 2018; Accepted December 21, 2018)

요약 : 본 연구는 12주간의 핀수영 운동이 남자 청소년의 뇌파, 혈압 및 안정 시 심박수에 미치는 영향을 규명하는데 그 목적이 있다. 18명의 남자 청소년을 핀수영 운동집단 9명과 통제집단 9명으로 구성하였다. 핀수영 운동집단은 12주간 주3회 60분씩 핀수영을 실시하였다. 측정된 자료 중 뇌파변인들은 이원변량 반복측정 분산분석(Two way repeated measures ANOVA)에 의해 분석되었고 안정 시 심박수와 혈압 변인들의 분석은 공분산 분석(ANCOVA)과 대응표본 t-test(Paired t-test)를 실시하였다. 결과적으로 핀수영 집단에서는 Alpha파와 SMR파의 유의한 증가가 나타났고, Theta파의 유의한 감소가 나타났다. 통제집단에서는 Alpha파의 유의한 감소가 나타났다. Alpha파, Theta파와 SMR파 모두에서 시기와 집단 간 유의한 상호작용이 나타났다. 또한 핀수영 집단에서 안정 시 심박수, 수축기 및 이완기 혈압의 유의한 감소가 나타났고 안정 시 심박수와 수축기 혈압에서 집단 간 유의한 차이가 나타났다. 하지만 이완기 혈압에서는 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이상의 결과로 12주간의 핀수영 운동은 청소년의 뇌파, 안정 시 심박수 및 혈압에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다.

주제어 : 핀수영, 청소년, 뇌파, 안정 시 심박수, 수축기 혈압, 이완기 혈압

Abstract : The purpose of this study was to investigate effects of 12-weeks finswimming exercise on electroencephalogram(EEG), SBP, DBP, and RHR in male adolescents. Eighteen male adolescents participated in this study. They were separated into a Control group(CG; $n=9$) and Finswimming training group(FG; $n=9$). FG participated in Finswimming training for 12weeks, 60 minutes per day, 3 times a week. All data of electroencephalogram were analyzed by repeated measures two-way

[†]Corresponding author
(E-mail: fin90@hanmail.net)

ANOVA and Data of SBP, DBP and RHR were analyzed by ANCOVA and Paired t-test. As a result, Alpha and SMR waves were significantly increased in FG; however, Alpha wave was significantly decreased in CG and Theta wave was significantly decreased in FG. There were significant interaction in Alpha, Theta, and SMR waves. SBP, DBP, and RHR were significantly decreased in FG and there were significant differences of RHR and SBP between groups; otherwise, there were no significant differences of DBP between groups. The results of this study showed that 12 weeks of Finswimming training positively effects on electroencephalogram(EEG), SBP, DBP, and RHR in male adolescents.

Keywords : Finswimming, Male adolescent, electroencephalogram(EEG), Resting heart rate, Systolic blood pressure, Diastolic blood pressure

1. 서론

변화하는 사회·생활환경에 따라 청소년의 신체 활동 기회는 줄어들어 과거에 비해 신장 및 체중은 증가한 반면 체력은 감소하면서 대사 증후군을 초래 할 수 있는 위험요인은 증가하는 추세이다.

대사증후군 요소 중 하나인 고혈압은 뇌졸중, 관상동맥질환, 울혈성심부전증, 심혈관질환과 말기 신장질환 등을 유발하는 가장 큰 위험 요인이며[1], 혈관 손상을 일으켜 생리학적 혈관 운동 활성을 저하시켜 심혈관계 질환의 중요한 발생요인 중 하나인 이상지혈증을 유발하기도 한다[2].

고혈압의 치료는 약물 치료요법과 비약물 치료요법으로 구분되고 비약물 치료요법 중 운동 치료요법은 약물을 투여하지 않고 혈압을 강하시킨다는 점에서 그 유효성이 주목받고 있으며 생활습관의 개선을 통하여 규칙적인 신체 활동이 혈압강화에 영향을 미쳤다는 연구가 지배적이다[3][4].

신체의 생리적 변화를 알 수 있는 가장 기초적이면서 객관적으로 판단할 수 있는 지표로 혈압과 함께 심박수를 들 수 있다.

특히 안정 시 심박수의 증가는 교감신경과 부교감신경의 불균형을 초래하는 대사성 만성질환과 밀접한 관계가 있으며[5], 안정 시 심박수가 90회/분 이상인 사람은 안정 시 심박수가 60회/분 미만인 사람에 비해 대사증후군이 2.34배, 제 2형 당뇨병 유병률이 2.4배 더 높은 것으로 나타났다[6].

또한 민지희 등[7]은 만19세 이상 성인 총 10,564명을 조사한 결과 안정 시 심박수가 높은 집단이 낮은 집단에 비해 대장암 유병률이

2.27~3배 더 높은 것으로 나타났으며, 안정 시 심박수가 10회/분 씩 증가할수록 대장암 유병률은 1.27배 증가하는 것으로 보고하였다.

이처럼 심박수는 심폐체력 이외에도 대사성 질환과 밀접한 관계가 있으며, 다수의 선행연구가 규칙적인 신체활동이 심박수에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다[8][9].

아동 청소년 시기의 신체활동 부족은 생리적인 기능저하 이외에도 기억력 감소, 불안, 우울 등 뇌 건강에도 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고되었다[10]. 반면 규칙적인 유산소 및 근력 운동이 세포증식 및 성장과 신경세포의 발달 및 기능을 촉진하는 단백질을 상향 조절함으로써 뇌기능에 긍정적인 영향을 미친다는 것은 사람과 동물을 대상으로 한 여러 연구에서 밝혀졌다[11][12].

뇌기능의 변화를 측정하기 위하여 뇌파가 이용되고 있으며, 뇌신경 세포 활동에 의해 생성되는 전기적 변화를 머리 표면에서 측정된 것을 뇌파(EEG)라고 한다[13].

뇌파는 인간의 신체 및 정신적인 기능의 상태를 총괄하는 객관적이고 비침습적으로 대뇌를 측정하고 평가할 수 있는 요인이다[14]. 뇌파는 1초 동안 주기적인 진동이 나타난 횟수를 주파수(Hz)로 표현하며, 보통 저주파에서 고주파영역 순으로 델타파(0-4Hz), 세타파(4-8Hz), 알파파(8-13Hz), 베타파(13-30Hz), 감마파(30-50Hz)로 구분된다[15].

운동이 뇌파에 미치는 영향에 관한 연구[16][17][18][19][20]는 연령, 대상 및 종목별로 다양하나 수중에서 진행되는 수중운동은 김도진과 강소형[21]의 지적장애아동을 대상으로 한 연구와 수영선수의 시합 전 뇌파의 변화를 관찰한

연구[22][23]등이 연구의 대부분으로 수중운동 분야를 대상으로 한 연구는 미흡한 실정이다.

이상과 같이 청소년의 신체활동 부족과 이에 따른 부작용은 다양한 생리·심리적 현상으로 나타나 최근 들어 사회적 문제로 대두되면서 국가 정책적으로 초·중·고 학생들의 학교체육활성화에 노력을 기울이고 전문가들에 의해 여러 방법들이 시행 및 분석되고 있지만 수중운동 분야는 현재 미흡한 실정이다.

청소년들이 어려움 없이 접할 수 있는 수중운동종목 중 하나인 핀수영은 일반 수영과는 달리 핀(물갈퀴)과 스노클을 사용하기 때문에 수영 초보자들도 어려움 없이 쉽게 물에 적응하고 영법을 배울 수 있지만 현재 널리 보급되지는 않은 실정이다.

따라서 본 연구는 청소년에게 있어서 핀수영 운동 적용이 청소년의 뇌파, 혈압 및 안정 시 심박수에 미치는 영향을 규명하여 핀수영이 청소년 신체활동으로서의 효용성을 검증하고 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구는 S시 소재 남자 중학생을 대상으로 실시하였다. 연구대상자는 심혈관계 및 근 골격계 질환이 없으며 과거 6개월 이내에 정규 운동프로그램에 참여하지 않는 남자 중학생 18명을 선정하여

핀수영 운동군 9명, 비교군 9명으로 무선 배정하여 집단을 구성하였다. 연구대상자의 신체적 특성은 <Table 1> 과 같다.

Table 1. Subject characteristic

Variable	FG (n=9)	CG (n=9)	P
Age(year)	12.22±0.66	12.44±0.52	.444
High(cm)	141.89±2.31	141.44±3.28	.744
Weigh(kg)	37.11±2.66	36.89±2.36	.854

M±SD

2.2. 핀수영 프로그램

핀수영 프로그램은 주3회 각 60분씩 12주간 25m규격 수영장에서 실시하였다. 1주차에는 주로 스노클(snorkel)과 핀(fin)사용 방법을 습득하였으며 대상자들이 수준에 맞도록 가장 작은 크기의 숏핀(short fin)을 사용하였다. 2~4주차에는 자유형 킥과 컴비네이션을 50m단위로 각각 4~8회로 점진적으로 증가시켰으며 최대심박수의 60~70%수준의 강도로 실시하였다. 이후 5~8주차에는 자유형 킥과 컴비네이션을 50m단위로 각각 6~8회, 9~12주차에는 자유형 킥과 컴비네이션을 50m단위로 각각 8~10회로 점진적으로 증가시켜 실시하였으며 최대심박수의 70~85%수준의 강도로 실시하였다. 핀수영 프로그램은 <Table 2>와 같다.

Table 2. Finswimming program

	Time (min)	Period (Week)	Contents	Distance (m)	Intensity (%)
Warm-up	5		Stretching		
	50	1	Learn snorkel and fin		
Main Exercise	50	2~4	Crawl kick(with kickboard, fin, snorkel) 50m×3~6 Crawl combination(with fin, snorkel) 50m×3~6	300~600	HRmax 60~70
	50	5~8	Crawl kick(with kickboard, fin, snorkel) 50m×6~8 Crawl combination(with fin, snorkel) 50m×6~8	600~800	HRmax 70~85
	50	9~12	Crawl kick(with kickboard, fin, snorkel) 50m×8~10 Crawl combination(with fin, snorkel) 50m×8~10	800~1,000	HRmax 70~85
	50	9~12	Crawl kick(with kickboard, fin, snorkel) 50m×8~10 Crawl combination(with fin, snorkel) 50m×8~10	800~1,000	HRmax 70~85
Warm-down	5		Stretching		

2.3. 측정항목 및 방법

2.3.1 뇌파

뇌파측정은 뇌기능지수 측정도구인 뇌파측정기구(Procomp, Canada)로 측정하였다. 전극부착은 뇌의 전두엽인 Fz 부분과 Cz 부분에 전극을 부착하였다. 단극유도법에 따라 운동군과 비교군은 실험 참여 전, 참여 후 동일한 방법으로 측정하였다. 분석에 사용된 뇌파 영역은 5분간 집중력과 관련 있는 뇌파 즉, 세타파, 알파파, SMR파를 측정하였다.

2.3.2 심박수 및 혈압

심박수와 혈압은 자동전자혈압계((OMRON, HEM-1000, JAPAN)를 사용하여 측정하였다.

2.4. 자료처리

본 연구의 자료는 SPSS Windows Ver 24.0 통계 package를 이용하여 각 측정 항목별로 평균과 표준편차를 산출하였고 측정된 변수들의 정규성 검정(Sapiro-Wilk)을 실시하였다. 집단과 측정시기 간 차이에 따른 뇌파 변인들의 차이에 대한 검정은 이원변량 반복측정 분산분석(Two-Way repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 사전 측정값이 집단 간 차이가 있는 안정 시 심박수와 혈압 변인들의 집단 간 차이는 사전검사 측정값을 공변인으로 하는 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였고 각 집단의 실험 전·후 차이는 대응표본 t-검정(Paired t-test)을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

3. 결과

3.1. 뇌파의 변화

핀수영 적용 전·후의 뇌파 변화는 <Table 3>과 같다. Alpha(α)파에서는 집단과 시기간의 상호작용($p < .01$)이 나타났고, 핀수영 집단은 Alpha(α)파가 사전에 비해 사후에 유의하게 증가($p < .01$)한 반면, 비교집단은 유의하게 감소($p < .05$)하였다. Theta(θ)파에서는 집단과 시기간의 상호작용($p < .001$)과, 시기 간 유의한 차이($p < .001$)가 나타났고 핀수영 집단은 Theta(θ)파가 사전에 비해 사후에 유의하게 감소($p < .01$)하였다. SMR파에서는 집단과 시기 간 상호작용($p < .001$), 시기($p < .01$) 및 집단($p < .05$)간에서 유의한 차이가 나타났고 핀수영 집단에서 SMR파가 사전에 비해 사후에 유의한 증가($p < .001$)가 나타났다.

3.2. 안정시 심박수 및 혈압의 변화

핀수영 적용 전·후의 안정 시 심박수 및 혈압의 변화는 <Table 4>와 같다. 안정 시 심박수(RHR)는 핀수영 집단이 사전에 비해 사후에 유의하게 감소($p < .001$)하였고 집단 간에도 유의한 차이($p < .001$)가 나타났다. 수축기 혈압(SBP)은 핀수영 집단이 사전에 비해 사후에 유의하게 감소($p < .001$)하였고 집단 간에도 유의한 차이($p < .01$)가 나타났다. 이완기 혈압(DBP)은 핀수영 집단이 사전에 비해 사후에 유의하게 감소($p < .001$)하였으나 집단 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

Table 3. Two-Way Repeated Measures ANOVA of Electroencephalogram(EEG)

Variable	Group	Pre	Post	F	P
α (Hz)	FG	6.81±0.48	7.14±0.51 ^{##}	.374	time .550
	CG	6.96±0.40	6.72±0.62 [#]	15.790	time×group .001 ^{**}
θ (Hz)	FG	17.46±1.32	16.17±1.68 ^{##}	.337	group .570
	CG	17.24±1.08	17.34±1.09	34.196	time .000 ^{***}
SMR (Hz)	FG	6.11±0.46	7.71±1.28 ^{###}	45.867	time×group .000 ^{***}
	CG	6.32±0.37	6.18±0.39	.582	group .457
				16.856	time .001 ^{**}
				24.009	time×group .000 ^{***}
				4.893	group .042 [*]

M±SD, FG; Finswimming group, CG; Control group

[#]p<.05, ^{##}p<.01, ^{###}p<.001; vs Pre, *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 4. ANCOVA and Paired t-test of RHR, SBP, DBP

Variable		FG	CG	F	P
RHR (beats/min)	Pre	74.89±0.78	75.78±0.83	67.144	.000***
	Post	71.67±1.41	76.44±1.11		
	t	8.845###	-1.633		
SBP (mmHg)	Pre	114.56±0.88	113.33±1.17	16.453	.001**
	Post	111.22±1.20	112.89±1.05		
	t	8.165###	1.512		
DBP (mmHg)	Pre	73.11±0.71	71.33±1.23	.512	.485
	Post	69.67±1.32	70.56±1.81		
	t	6.847###	1.024		

M±SD, FG; Finswimming group, CG; Control group

###p<.001: Paired t-test within group, **p<.01, ***p<.001: ANCOVA between group

4. 논의

최근 여러 선행연구들을 통해 규칙적인 운동이 뇌기능을 활성화 한다는 것이 규명되었다. 운동은 뇌신경 세포를 생성하고 학습과 기억을 담당하는 뇌 부위의 발달을 통하여[24] 학습능력을 향상시키는 등 뇌의 긍정적인 물리적, 기능적 변화를 유발한다고 보고되고 있다[25]. 이와 같이 운동에 따른 뇌기능의 변화는 침습적인 방법과 비침습적인 방법을 통하여 검증되며, 비침습적 방법으로 뇌파 측정이 주로 사용되고 있다. 뇌파는 두피의 미세한 전기적 흐름의 전위차를 파형으로 나타내는 방법으로 뇌의 활동 및 대뇌 기능을 실시간으로 조사하는데 유용한 신경과학적 연구방법이다[26].

뇌파 중에서 알파파의 활성은 효과적인 주의집중을 조성하며, 학습과 판단에 긍정적인 영향을 미치는 뇌파이다[27]. 또한 항진상태의 알파파는 스포츠 경기 시 최적의 경기력 수행을 위한 상태라고 보고하고 있다[28].

본 연구결과 알파파에서는 시기와 집단 간의 유의한 상호작용이 나타났고, 핀수영 집단의 알파파가 유의하게 증가하였다.

김유나, 정성현[29]의 초등학생을 대상으로 체육영재 프로그램을 적용한 연구, 이창준, 임관철[30]의 비만 중학생을 대상으로 운동프로그램을 적용한 연구, 이해정, 이원재, 이소정[31]의 중년 여성을 대상으로 요가를 적용한 연구 등에서도 규칙적인 신체활동 전에 비해 이후 알파파가 유의하게 증가한 것으로 보고되어 본 연구결과와

유사한 양상을 보였다. 이상의 연구결과로 추론하면 신체활동은 심리적 안정감, 주의집중 등 뇌기능에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. Beta파 중의 하나인 SMR파는 뇌의 감각, 운동피질에서 나타나고[32], 비교적 쉽고 정확한 수행이 가능할 때 나타나게 되는[33], 주의집중력과 관련되어있는 뇌파이다[34].

본 연구의 SMR파 변화에서는 시기와 집단 간의 유의한 상호작용이 나타났고, 핀수영 집단에서 SMR파의 유의한 증가가 나타났다.

김정주, 정구인, 우민정[35]의 초등학생을 대상으로 유산소운동을 적용하여 집중과제 시 나타나는 뇌파의 변화를 살펴본 결과 SMR파에서 유의한 상호작용이 나타났다고 보고하여 본 연구결과와 유사한 양상을 보였으며, 이는 신체활동이 집중력과 관련이 있는 SMR파의 증가에 영향을 미쳤다는 것을 시사한다. 또한 이종목, 신재한[36]의 테니스 운동 경력자와 비경력자의 두뇌활용능력을 비교한 연구에서 테니스 운동 경력자의 SMR파가 유의하게 높다고 보고하여 본 연구결과를 지지한다.

청소년기의 활동적인 세타파는 전두엽 중심부에서 15~20%정도의 발현을 정상범주로 보며[37], 15세 미만 청소년의 경우 θ/β (theta/beta)가 3:1수준이 되었을 때, 즉 세타파의 세기가 SMR을 포함한 베타파 세기의 3배 정도가 적정하다고 보고 있다[38]. 하지만 연령에서 요구되는 비율보다 높을 경우 뇌의 활동성이 낮고 주의집중의 정도가 낮아져 기능적인 효율이 저하되어

있다는 것을 의미한다. ADD와 ADHD는 세타파 과잉의 대표적인 질환이다[39].

이러한 세타파의 과잉이나 비율상의 문제를 해소하기 위해 다양한 방법으로 선행연구가 진행되었다. 그 중 변윤언[40]은 청소년들에게 뉴로피드백 훈련을 적용한 결과 세타파의 유의한 감소가 나타났다고 보고 하였고, 노병일, 임영자, 심준영[41]은 전통 진검무예 숙련자와 비숙련자를 비교하여 숙련자의 세타파가 유의하게 낮다고 보고하여 규칙적인 신체활동 또한 세타파 감소에 영향을 미친다고 판단된다. 본 연구에서도 대상자들에게 12주간 핀수영 운동을 적용한 결과 세타파에서 시기와 집단 간 유의한 상호작용과 함께 핀수영 집단의 세타파가 유의하게 감소하여 선행연구와 유사한 양상을 보였다.

심폐체력 수준을 반영하는 주요지표인 안정 시 심박수는 1분간 심장의 수축횟수를 의미하며[42], 심폐체력이 높을수록 심장의 수축, 팽창력이 향상되어 심장에서 내보내는 혈액의 1회 박출량이 증가하기 때문에 분당 심박수가 감소하게 된다. 따라서 낮은 안정 시 심박수는 높은 심폐체력과 밀접한 관계가 있다[43]. 반면 서론에서 언급한 바와 같이 안정 시 심박수의 증가는 대사성 만성질환과 관계가 있다.

규칙적인 신체활동은 심폐체력을 향상 시키며 안정 시 심박수를 감소시킨다는 선행연구[44][45]가 주를 이루고 있다. 본 연구에서도 12주간의 핀수영 운동이 대상자들의 심폐체력 향상을 이끌어 안정 시 심박수를 감소시킨 것으로 판단되며, 이는 선행연구들과 유사한 결과를 나타냈다.

혈압은 심장의 박출량과 말초저항에 의해 결정되는 혈류량에 대한 혈관의 압력을 뜻하며[46], 좌심실의 수축 시 동맥벽에 가하는 최고혈압(수축기 혈압: systolic blood pressure), 좌심실의 이완 시 동맥벽에 가하는 압력인 최저혈압(이완기 혈압: diastolic blood pressure) 및 평균혈압(mean blood pressure)으로 구분한다[47].

높은 혈압은 심장과 혈관에 부담을 주게 되고 그것으로 인하여 말초저항을 증가시켜 혈액의 원활한 공급을 방해하며 심혈관계 질환을 비롯한 각종 만성질환을 유발한다. 혈압을 효과적으로 감소시키기 위한 운동으로 중강도의 규칙적인 유산소 운동이 권장되고 있으며, 이는 교감신경의 작용을 저하시킬 뿐 아니라 같은 운동 강도에서 심혈관계 탄력성 증대, 말초저항 감소 및 심박출량의 상대적 감소 등에 기인하는 것으로 알려졌다

[48].

이러한 기전으로 인하여 유산소 운동 및 규칙적인 신체활동은 혈압조절 및 혈관기능 개선에 효과적이라고 보고한 선행연구[49][50][51]가 대부분이다. 본 연구결과 또한 핀수영 집단의 수축기와 이완기 혈압이 모두 유의하게 감소하여 핀수영 운동이 혈압조절에 효과적인 운동이라고 사료된다.

5. 결론

본 연구는 12주간의 핀수영 운동이 청소년의 뇌파, 혈압 및 안정 시 심박수에 어떠한 영향을 미치는지 규명하는데 그 목적이 있으며, 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 12주간의 핀수영 운동은 Alpha파와 SMR파를 증가시켰으며, Theta파를 감소시켰다.

둘째, 12주간의 핀수영 운동은 안정 시 심박수를 감소시켰다.

셋째, 12주간의 핀수영 운동은 수축 및 이완기 혈압을 감소시켰다.

이상의 결과를 종합해보면 12주간의 핀수영 운동은 청소년들의 뇌파, 안정 시 심박수, 혈압에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 본 연구의 대상자가 제한적이어서 본 연구결과를 일반화하기 위해서는 향후 다양한 대상자와 프로그램 적용한 후속 연구가 필요하다고 사료된다.

References

1. S. P. Whelton, A. Chin, X. Xin, J. He, "Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials", *Annals of Internal Medicine*, Vol.136, No.7 pp. 493-503, (2002).
2. R. O. Halperin, H. D. Sesso, J. Ma, J. E. Buring, M. J. Stampfer, J. M. Gaziano, "Dyslipidemia and the risk of incident hypertension in men", *Hypertension*, Vol. 47, No.1 pp. 45-50, (2006).
3. R. M. Glider, C. Voner, G. A. Dudley, "Endurance training and blood pressure in

- normotensive and hypertensive adults”, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.6, pp. 629-665, (1989).
4. A. M. McNeilly, C. M. McClean, M. Murphy, J. McEneny, T. Trinick, G. Burke, E. Duly, J. McLaughlin, G. Davison, “Exercise training and impaired glucose tolerance in obese humans”, *J Sports Sci*, Vol.30, No.8 pp. 725-732, (2012).
 5. D. Aune, A. Sen, B. O'Hartaigh, I. Janszky, P. R. Romundstad, S. Tonstad, L. J. Vatten, “Resting heart rate and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality—A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies”, *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. Vol.27, No.6 pp. 504-517, (2017).
 6. H. A. Park, J. A. Lee, J. Y. Kim, D. I. Kim, J. Jeon, “The Relationship between Resting Heart Rate and Prevalence of Metabolic Syndrome and Type 2 Diabetes Mellitus in Korean Adults: The Fifth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (2012)”, *Korea Journal of Obesity*, Vol.24, No.3 pp. 166-174, (2015).
 7. J. H. Min, D. H. Lee, J. Y. Kim, D. W. Kang, K. Y. An, Y. J. Jeon, “The Association between Resting Heart Rate and Colorectal Cancer Prevalence in Korean adults: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2005-2014”, *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.57, No.2 pp. 509-518, (2018).
 8. E. L. Melanson, P. S. Freedson, “The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males”, *European Journal of Applied Physiology*, Vol.85, No.5 pp. 442-449, (2001).
 9. S. J. Kang, K. J. Kim, “The effects of resistance training with various intensity on Heart Rate Variability and muscle power”, *Korean Society of Exercise Physiology*, Vol.14, No.4 pp. 461-470, (2005).
 10. H. S. Jung, M. S. Hyun, “Cardiorespiratory Fitness is Associated with Depression Symptom, Blood BDNF, and Cardiovascular Disease Risk Factor in Female Obese Adolescents”, *The Korean Journal of Measurement and Evaluation in Physical Education and Sport Science*, Vol.13, No.2 pp. 105-113, (2011).
 11. M. Ploughman, M. W. Austin, L. Glynn, D. Corbett, “The effects of post stroke aerobic exercise on neuroplasticity: a systematic review of animal and clinical studies”, *Transl Stroke Res*, Vol.6, No.1 pp. 13-28, (2015).
 12. 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 Neuro sci*, Vol.29, No.11 pp. 1895-1907, (2017).
 13. E. Niedermeyer, F. Silva, *Electroencephalography: Basic principles, clinical application and related fields(5th ed)*. Philadelphia, (2005).
 14. S. N. Nam, S. W. Park, “The Effect of EEG And Physiological Changes To Participation in Progressive Relaxation Technique Of The University Archery players”, *Journal of Digital Convergence*, Vol.12, No.1 pp. 467-473, (2014).
 15. J. W. Chung, C. M. Chung, K. H. Kim, “Effect of Maximal Combined Exercise on Electroencephalographic Wave and Cognitive Functions”, *The Korea Journal of Sports Science*, Vol.21, No.2 pp. 1033-1043, (2012).
 16. Y. I. Kim, D. P. Ok, S. Y. Cho, “The Effects of Regular Taekwondo Exercise on Brain wave activation and Neurotrophic Factors in Undergraduate male students”, *Journal of Oil & Applied Science*, Vol.35, No.2 pp. 412-422, (2018).
 17. S. K. Park, B. K. Kim, “The Effects of

- Forest Exercise on Brain Wave for Lifetime Health Management”, *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, Vol.12, No.2 pp. 99–106, (2018).
18. J. J. Kim, K. I. Jung, M. J. Woo, “The effect of aerobic exercise on brain activation during an attention task in elementary school children”, *The Korean Journal of Elementary Physical Education*, Vol.22, No.3 pp. 13–23, (2016).
 19. S. K. Lee, “The Effect of Exercise program on EEG and Psychological factors in Children with ADHD: Case report”, *The Journal of Korea Society for Wellness*, Vol.9, No.3 pp. 109–123, (2014).
 20. D. G. 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).
 21. D. J. Kim, S. H. Kang, “Effects of Aquatic Exercise on EEG and Blood Lipids in Children with Severe Intellectual Disabilities”, *Korean Journal of Adapted Physical Activity*, Vol.22, No.1 pp.127–138, (2014).
 22. J. S. Lee, M. J. Gwon, Y. G. Yeo, J. G. Kim, “Changes in Frontal Brain Asymmetry Before and After Swimming Competition”, *Journal of Korean Association of Physical Education and Sport for Girls and Women*, Vol.30, No.4 pp. 291–302, (2016).
 23. K. C. Lee, S. H. Kwon, K. H. Lee, “The Effect of Musical Stimuli on the Change in EEG Signal of Swimmers before the Competition”, *Journal of Coaching Development*, Vol.15, No.3 pp.13–21, (2013).
 24. 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).
 25. 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).
 26. 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).
 27. C. L. Larson, R. J. Davidson, H. C. Abercrombie, R. T. Ward, S. M. Schaefer, “Relations between PET-derived measures of thalamic glucose metabolism and EEG alpha power”, *Psychophysiol*. Vol.35, No.2 pp. 162–169, (1998).
 28. P. Aspinall, P. Mavros, R. Coyne, J. Roe, “The urban brain: analysing outdoor physical activity with mobile EEG”, *Br J Sports Med*, Vol.49, No.4 pp. 272–276, (2015).
 29. Y. A. Kim, S. H. Jung, “Sports Talent program according to multiple intelligence and EEG activity”, *The Korea Journal of Elementary Physical Education*, Vol.23, No.3 pp. 167–178, (2017).
 30. C. J. Lee, I. K. Chul, “Vacation Exercise Program on the Metabolic Syndrome Risk Factors and Electroencephalographic in Obese Middle School Students”, *The Journal of Sports science*, Vol.25, No.2 pp. 997–1050, (2016).
 31. H. J. Lee, W. J. Lee, S. J. Lee, “The Effect of Practicing Hata Yoga on the Automic Nervous System and Electroencephalogram Patterns of Middle-aged Women”, *The Journal of Sports science*, Vol.23, No.5 pp. 1187–1202, (2014).
 32. A. W. Keizer, M. Verschoor, R. S. Verment, B. Hommel, “The effect of gamma enhancing neurofeedback on the control of feature bindings and intelligence measures”, *Int J Psychophysiol*, Vol.75,

- No.1 pp. 25-32, (2010).
33. J. H. Jung, *The effects of neurofeedback training and computer-assisted cognitive rehabilitation training on brain wave, cognition, and ADL in post stroke [thesis]*. Seoul: Sahmyook University, (2011).
 34. W. C. Scott, D. Kaiser, S. Othmer, S. I. Sideroff, "Effects of an EEG biofeedback protocol on a mixed substance abusing population:", *Am J Drug Alcohol Abuse*, Vol.31, No.3 pp. 455-69, (2005).
 35. J. J. Kim, K. I. Jung, M. J. Woo, "The effect of aerobic exercise on brain activation during an attention task in elementary school children", *The Korean Journal of Elementary Physical Education*, Vol.22, No.3 pp. 13-23, (2016).
 36. J. M. Lee, J. H. Shin, "Analysis of Brainwave and Brain Utilization Ability between Tennis Experienced Men with Non-Experienced Men", *The Journal of Korea Elementary Education*, Vol.26, No.1 pp. 243-254, (2015).
 37. J. N. Demos, *Getting Started with Neurofeedback*. New York: W. W. Norton & Company, (2005).
 38. J. F. Lubar, *Neurofeedback for the management of Attention-deficit/hyperactivity disorders*. In M. S. Schwartz (Ed.), *Biofeedback: A practitioner's guide*. p.493-522, New York: Guilford Press, (1995).
 39. P. W. Park, "A wonderful brain that teaches itself", *Nowhere*, Vol.44, pp. 162-189, (2003).
 40. Y. E. Byun, "Effect of Prefrontal lobe Neurofeedback Training for reducing Adolescent Theta wave", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.18, No.12 pp. 459-465, (2017).
 41. B. E. Noh, Y. J. Lim, J. Y. Shim, "Changes of EEG Characteristics in Brain Areas During Inclined Down-Cutting Practice Between Traditional Sword Martial Arts Experts and Beginners", *The Journal of Korean Alliance of Martial Arts*, Vol.17, No.3 pp. 71-85, (2015).
 42. A. Diaz, M. G. Bourassa, M. C. Guertin, J. C. Tardif, "Long-term prognostic value of resting heart rate in patients with suspected or proven coronary artery disease", *European Heart Journal*, Vol.26, No.10 pp. 967-974, (2005).
 43. M. B. Higginbotham, K. G. Morris, R. S. Williams, P. A. McHale, R. E. Coleman, F. R. Cobb, "Regulation of stroke volume during sub maximal and maximal upright exercise in normal man", *Circulation Research*, Vol.58, No.2 pp. 281-291, (1986).
 44. S. Y. Cho, Y. I. Kim, "The effect of 12 weeks aerobic exercise on rate pressure product and cardiopulmonary in middle age obese men", *The Korean Journal of Sport*, Vol.6, No.2 pp. 135-142, (2008).
 45. G. K. Kim, H. W. Han, "Effects of Converging Exercise Intervention Program on Heart Rate, Blood Pressure, Health-Related Physical Fitness among Obese Middle Aged Female", *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.26, No.1 pp. 23-30, (2018).
 46. J. B. Moon, The effects of aerobic exercise on blood pressure and arterial compliance in essential hypertension patients, Dankook University, (2005).
 47. K. B. Kim, S. O. Kwon, "Effect of Twenty Weeks' Toning Exercises on Blood Components, and Bone Density of Aged Women in Rural Area", *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.26, No.3, pp. 313-319, (2018).
 48. S. H. Kim, "The effect of commute with public transportation on obesity, health-related physical fitness & metabolic syndrome risk factors in middle-aged overweight men for 12 weeks", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.48, No.5 pp. 411-420, (2009).
 49. A. M. McNeilly, C. McClean, M. Murphy, J. McEneny, T. Trinick, G. Burke, E.

- Duly, J. McLaughlin, G. Davison, "Exercise training and impaired glucose tolerance in obese humans", *J Sports Sci*, Vol.30, No.8 pp. 725-732, (2012).
50. K. H. Kim, "The Effects of Regular Senior Aerobic Exercise on Resting Bloods Pressure and Cardiovascular Responses of in Older Women with Hypertension", *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, Vol.27, No.1 pp. 179-192, (2013).
51. H. G. Kim, E. H. Yang, "The Effect of Aerobic Exercise and Resistance Exercise on Blood Lipid, Insulin Resistance, Vasodilation and Vascular Compliance in Obese Adolescence", *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, Vol.26, No.4 pp. 185-199, (2012).