

# 단기간 체중감량차이가 체급운동선수의 스트레스 호르몬과 뇌파에 미치는 영향

허유섭

경남대학교 체육교육과

## Effects of Short-term Weight Loss on Stress Hormone and EEG in Weight Athletes

Yu-Sub Huh

Department of Physical Education, Kyungnam University, Changwon, Korea

**PURPOSE:** The aim of this research was to examine the effects of short-term weight loss on stress hormone and EEG in weight athletes.

**METHODS:** Subjects were divided into 3 groups: CON (n=7, control), LWL (n=7, low weight loss), and HWL (n=7, high weight loss).

**RESULTS:** The results were as follows: 1) There were significantly decreased on body fat and WHR in HWL group ( $p < .001$ ). However, body mass was significantly increased in HWL group ( $p < .01$ ). 2) There were no significant group by time interactions for stress hormones on all items. Epinephrine was significantly decreased after weight loss in HWL group ( $p < .05$ ). While, norepinephrine ( $p < .05$ ) and cortisol ( $p < .001$ ) was significantly increased after weight loss in HWL group. 3) There were no significant group by time interactions for theta and SMR waves of EEG. However, alpha, mid-beta, high-beta and gamma waves showed significant difference group by time interactions ( $p < .001$ ).

**CONCLUSIONS:** It is recommended that you lose no more than 5% of your weight for stress hormones to stay in the best condition before the match. However, it is recommended that you keep your normal weight at the weight of the match to participate in the competition to maintain your best condition in the brain wave shift.

**Key words:** Short-term weight loss, Stress hormone, EEG, Weight athletes

## 서론

체급운동선수는 고난도의 운동수행력과 효율적인 체중 관리가 경기력에 영향을 미치므로 경기 일정에 맞추어 전략적인 체중조절은 필수적이다. 체중은 경기 20시간 전 측정하여 규정된 체중량(weight-in)에 적합하여야 경기에 참가할 수 있다. 선수들은 80.6%가 경기 전에 체중 감량을 실시하고, 매년 평균 3-4회, 매회 체중의 4-5%를 경기 3-7일에 감량한다고 보고되고 있다[1-5]. 선수들은 체중에 비례하여 나타나는

근력을 고려하여 최대한 자신보다 낮은 체중의 선수와 경기에 임하길 원하며, 개인 및 단체 경기의 전략적 목표를 위해 자의 혹은 타의에 의해 체중감량을 요구받게 된다[6,7]. 그러나 단기간 목표 체중감량을 효과적으로 달성하기 위한 방법이 계획적인 식이나 운동요법보다는 대부분 절식이나 탈수, 고강도 훈련 등에 의존하고 있으며, 종종 처방되지 않은 체중감량제 등을 복용하는 경우가 많다고 보고하였다[2,8].

단기간 체중감량과 관련된 호르몬 카테콜라민은 탈수와 고강도 운동으로 감소하여 골격근의 대사과정과 지방의 기질 이용에 영향을 미

Corresponding author: Yu-Sub Huh Tel +82-55-249-2238 Fax +82-0505-999-2151 E-mail yshuh@kyungnam.ac.kr

\*본 연구는 2016학년도 경남대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 것임.

Keywords 단기간 체중감량, 스트레스 호르몬, 뇌파, 체급운동선수

Received 27 Apr 2018 Revised 10 May 2018 Accepted 27 May 2018

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

체내 글리코겐 저장량 및 수분의 현저한 감소와 젖산 축적 증가, 스트레스 호르몬의 증가 등으로 인한 대사 이상증상을 초래하고[10-12] 경기 시 심리적 각성에 영향을 미치고[13], 근력과 순발력 같은 무산 소성 경기력의 저하를 유발시킬 수 있다고 보고하고 있다[14]. 체중감량과 병리적 상황이 동반될 경우 운동수행능력뿐만 아니라 체내 혈액의 변화를 초래하여 뇌혈관 기능을 떨어뜨려 중추피로의 원인이 되며[15], 뇌활성에 매우 부정적인 영향을 미친다고 하고 있어 체중감량이 중추 신경계 및 뇌활성과 무관하지 않음을 시사한다[16-18]. 뇌는 신체의 모든 감각과 인지기능 등 복잡한 행위를 조절하는 명령을 내리는데 이때 뇌신경세포의 활동이 이루어지고 있으며 이때 생성되는 전기적 활동전위를 전극을 사용하여 그 차를 측정하는 것이 뇌파, 즉 뇌활성이다.

한편, 단기간 체중감량을 필연적으로 수행해야 하는 격투 및 체급별 경기 종목 선수들은 체중감량 기간 중 체중감량 성공 여부와 무관하게 다양한 생리적·심리적 변화를 동반하기 때문에 매우 불안하고 예민한 심리상태가 된다[19]. 이에 대해 Park [20]은 고등학교 복싱선수들을 대상으로 체중감량 정도에 따른 심리적 스트레스 상태를 살펴본 결과, 감량 정도가 심해질수록 심리적 긴장 및 불안상태를 담당하는 대역별 뇌파에서 유의한 변화가 있었다고 보고하였으며, Park et al. [21]의 대학부 레슬링부 선수를 대상으로 체중감량과 스트레스의 관계를 조사한 연구에서도 체중감량이 스트레스를 의미하는 High-Beta 파의 활성을 증가시켰다고 보고하였고, Back et al. [22]의 연구에서도 단기간 체중감량 5% 이상 집단에서 뇌파의 Alpha파와 SMR파에서 특정 부위만 절대값으로 변화가 나타났다고 하였다.

선수들에게서 단기간 체중감량은 생리적으로는 중추신경계 및 뇌활성 기능과 높은 상관성을 갖고 있으며, 심리적으로도 긴장 및 불안상태와 같은 훈련스트레스에 영향을 미치게 된다. 이러한 생리 및 심리상태는 결국 시합에 임하는 선수들의 훈련과정에 과도한 스트레스를 반복적으로 경험하게 함으로써 운동에 대한 흥미가 상실될 뿐만 아니라 스스로에 대해 극도의 부정적 생각에 빠져들게 되어 결국 운동선수 생활을 포기하는 상황에까지 이르게 될 수 있다. 그러므로 체중감량을 반복적으로 수행하는 선수들의 훈련 중 생리적, 심리적 스트레스 관리는 경기 승패를 떠나 넓은 의미의 선수관리 차원에서 매우 중요한 분야라 생각된다[19]. 그러나 선행연구에서는 뇌파의 특정부위의 절대값에 대한 연구가 주를 이루고 있으며, 뇌파의 전체적인 경향을

알아보는 상대값은 심리적 긴장 및 불안상태를 잘 나타낸다고 하여 [23] 이에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

따라서, 본 연구의 목적은 체급별 경기 종목 선수들을 대상으로 단기간 체중감량차이에 따른 스트레스 인자와 뇌파의 상대값의 변화를 분석함으로써 단기간 체중감량에 의한 생리 및 심리적 문제점을 제안하고 이를 토대로 선수들의 체중감량에 대한 과학적이고 체계적인 프로그램의 기초자료를 제공하고자 하는 것이다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 경남 K대학교 태권도, 레슬링 남자 선수 21명을 대상으로 경기 전 감량해야 할 목표 체중을 설정하여 대조군(체중변화가 없거나 증가; CON [ $0.76 \pm 0.76\%$ ],  $n=7$ ), 저감량군(체중의 5% 이하 감량; LWL [ $-3.08 \pm 1.31\%$ ],  $n=7$ )과 고감량군(체중의 5% 이상 감량; HWL [ $-6.41 \pm 1.10\%$ ],  $n=7$ )으로 구분하였으며, K대 연구윤리위원회 심의 승인(1040460-A-2016-020) 후 본인의 동의하에 실험을 실시하게 되었다. 그들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

### 2. 체중감량 방법

체중감량을 실시하지 않는 CON은 평상시와 동일한 식이를 섭취토록 하면서 정상적인 훈련을 적용하였다. 7일간 체중 감량목표에서 LWL은 1-2일째 1%, 3-4일째 2%, 5-6일째 3%, 7일째 4%로 하였고, HWL은 1-2일째 2%, 3-4일째 4%, 5-7일째 6% 체중감량하도록 하였다. 식이제한은 Kim et al. [25]의 연구를 바탕으로 개인의 1일 에너지 섭취량 기준으로 1-2일째 50%, 3-4일째 40%, 5-7일째 30%의 열량을 섭취하도록 하였다. 그리고 각 종목별로 훈련 시 발한복을 착용하였으며, 당일 운동 종료 후 체중을 측정하여 목표 감량에 도달하지 않았을 경우 걷기와 달리기 운동을 실시하여 목표 감량에 도달하도록 하였다.

### 3. 측정방법

경기에 장애가 없이 진행하기 위하여 경기 1주일 전과 1일 전 조식 3시간 경과 후 실험실에 도착하여 사전, 사후 실험을 하였다.

**Table 1.** Subject characteristics

Group	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Career (yr)	Change of weight (%)
CON (n=7)	21.29±0.95	175.14±7.65	82.93±16.58	6.71±1.25	0.76±0.76
LWL (n=7)	20.57±0.79	175.43±4.50	76.46±8.80	6.00±1.16	-3.08±1.31
HWL (n=7)	21.00±0.82	172.14±5.58	73.09±8.89	6.29±0.49	-6.41±1.10

Mean ± SD.

CON, control; LWL, low weight loss; HWL, high weight loss.

1) 신체조성

신장은 신장계(SH-9600, Helmas, Korea)를 이용하여 직립한 표준자세로 측정하였다. 신체조성은 bioelectric impedance analysis (BIA)법으로 측정하였다. 측정 항목은 체중, 체지방률, 제지방률, WHR이다.

2) 채혈 및 스트레스 호르몬 분석

안정 시 상완주정맥에서 5 mL 1회용 주사기를 이용하여 약 3 mL를 채혈하여 lithium-heparinic polystyrene에 담아 즉시 원심분리(3,000 g × 20분, 4°C) 후 혈장만 -70°C에서 냉동보관 후 분석하였다. 에피네프린과 노르에피네프린 분석은 electrochemical detector (ECD)를 이용한 high performance liquid chromatography (HPLC) 방법으로 코티졸 분석은 Y-counter를 이용한 Competitive RIA 방법으로 분석하였다.

3) 뇌파 측정 및 분석

독립된 공간에서 30분간 의자에 앉아 안정을 취하게 한 후 대역별 뇌파분석장비(QEEG-8)의 채널전극을 머리표면 총 8부위에서 모노폴라 방식으로 10/20-국제전극배치법에 의해 차례로 Fp1, Fp2 (좌, 우 전

두극), F3, F4 (좌, 우 전두부), T3, T4 (좌, 우 측두부), P3, P4 (좌, 우 두정부) 위치에 측정전극을 부착한 상태로 눈을 감고 5분간 뇌파를 측정하였다(Fig. 1). 사용된 전극은 금으로 도포된 접시형태의 디스크전극이며, 피부와의 접촉저항을 최소화하기 위해 먼저 알코올 솜을 이용하여 머리 표면의 이물질들을 닦아낸 후 접시전극에 뇌파전용 전극 풀을 묻혀 부착하였다. 또한 부착된 접시전극 위에 거즈를 살짝 덮어줌으로써 전극풀이 빨리 굳지 않고 머리표면에 잘 고정되어 있도록 조치하였다.

뇌파는 진동하는 주파수의 범위에 따라 theta (4-7.99 Hz), Alpha (8-12.99 Hz), SMR (12-14.99 Hz), Mid-β (15-19.99 Hz), High-β (20-29.99 Hz), Gamma (30-50 Hz)로 구분하여 절대 파워값과 상대 파워값을 구하였다. 상대 파워값은 각 주파수별 절대 파워값을 전체 주파수 영역의 절대값으로 나눈 것으로 개인별 차이를 상쇄시켜 주는 방법으로 알려지고 있다[23].

3. 자료처리방법

모든 자료는 SPSS version 23.0을 이용하였다. 각 항목에 따라 평균과 표준편차를 구하였으며, 각 집단의 차를 two-way repeated measured ANOVA로 분석하였으며, 집단 간 차의 사후 검정은 tukey, 주 효과는 paired t-test를 활용하였다. 통계적 유의수준은 α=.05로 설정하였다.

연구 결과

1. 신체조성

Table 2에 나타난 바와 같이 신체조성에서 각 항목 모두 체중감량에 따른 상호작용은 나타났다( $p < .05$ ). 체지방은 HWL에서 감량 전보다 유의하게 감소되어 나타났다( $p < .001$ ). 제지방은 HWL에서 감량 전보다 유의하게 높게 나타났다( $p < .01$ ). WHR에서는 HWL에서 감량 전

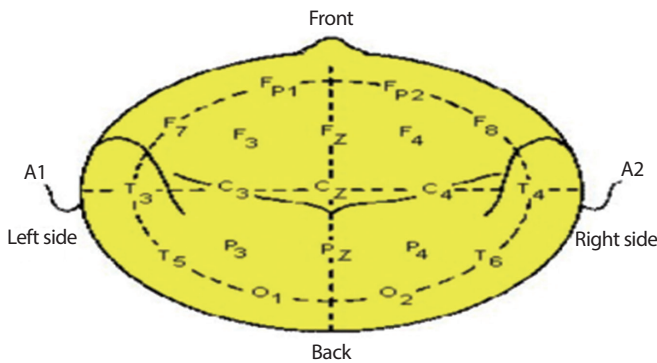


Fig. 1. International 10-20 System.

Table 2. Results of body composition

Items	Group	pre	post	F	p
Weight (kg)	CON	82.93 ± 16.58	83.43 ± 17.28	Group: 1.854 Time: 78.518 Group × Time: 39.432	.185 .001 .001
	LWL	76.46 ± 8.80	74.31 ± 9.32***		
	HWL	73.09 ± 8.89	68.44 ± 8.77***		
Body fat (%)	CON	14.23 ± 6.08	14.41 ± 5.75	Group: 1.857 Time: 14.344 Group × Time: 19.803	.185 .001 .001
	LWL	10.65 ± 2.93	10.68 ± 2.96		
	HWL	12.20 ± .88	10.18 ± .95***		
Body mass (%)	CON	85.77 ± 6.08	85.64 ± 5.70	Group: 1.704 Time: 8.246 Group × Time: 10.903	.210 .010 .001
	LWL	89.35 ± 2.93	89.32 ± 2.96		
	HWL	87.58 ± .91	89.38 ± 1.53**		
WHR	CON	.910 ± .028	.910 ± .028	Group: 4.268 Time: 9.811 Group × Time: 7.378	.030 .006 .005
	LWL	.874 ± .030	.873 ± .032		
	HWL	.881 ± .020	.867 ± .022****		

Mean ± SD.

WHR, Waist-hip ratio; paired t-test.

\*\* $p < .01$ ; \*\*\* $p < .001$ ; <sup>a</sup>significantly different from CON.

다 유의하게 감소되어 나타났으며( $p < .001$ ), 감량 후 CON과 비교하여 유의한 집단차가 나타났다( $p < .05$ ).

### 2. 스트레스 호르몬

Table 3에 나타난 바와 같이 스트레스 호르몬은 각 항목 모두 체중 감량에 따른 상호작용과 집단 간 차는 나타나지 않았다( $p > .05$ ). 그러나 에피네프린과 노르에피네프린은 HWL에서 체중감량 후 유의하게 감소하였다( $p < .05$ ). 코티졸에서도 HWL에서 감량 전보다 유의하게 증가되어 나타났다( $p < .001$ ).

### 3. 뇌파

Table 4에 나타난 바와 같이 Theta파는 상호작용과 집단 간 차가 나타나지 않았다( $p > .05$ ). 그러나 체중감량 전후 차에서 LWL ( $p < .001$ )과

HWL ( $p < .001$ )은 유의한 차가 나타났다. Alpha파는 상호작용이 나타났으며( $p < .001$ ), 체중감량 후 집단 간 차는 CON, LWL, HWL 모두 나타나고( $p < .05$ ), 체중감량 전후 차에서 LWL ( $p < .01$ )과 HWL ( $p < .001$ )에서 유의한 차가 나타났다. SMR파는 상호작용이 나타나지 않았다( $p > .05$ ), 그러나 체중감량 후 집단 간 차에서 CON과 LWL에 비해 HWL이 유의하게 낮게 나타났다( $p < .05$ ).

Mid-beta, High-beta 그리고 Gamma파는 상호작용이 나타났다( $p < .001$ ). Mid-beta파의 체중감량 후 집단 간 차는 CON에 비해 LWL, HWL이 유의하게 높게 나타나고( $p < .05$ ), 체중감량 전후 차에서 LWL과 HWL에서 유의한 차가 나타났다( $p < .001$ ). High-beta파와 Gamma파는 체중감량 후 집단 간 차는 CON, LWL, HWL 모두 나타나고( $p < .05$ ), 체중감량 전후 차에서 LWL과 HWL에서 유의한 차가 나타났다( $p < .001$ ).

**Table 3.** Results of stress hormone

Items	Group	pre	post	F	p
Epinephrine (pg/mL)	CON	61.20±4.70	60.22±5.63	Group: .934 Time: 10.651 Group×Time: 1.390	.411 .004 .274
	LWL	62.38±3.71	57.46±5.07		
	HWL	59.48±7.37	54.98±6.16*		
Norepinephrine (pg/mL)	CON	471.75±132.95	477.05±125.26	Group: .228 Time: 7.382 Group×Time: 1.808	.798 0.14 .192
	LWL	472.55±36.75	518.38±123.08		
	HWL	472.00±100.91	552.40±119.22*		
Cortisol (ug/dL)	CON	20.05±6.64	20.53±5.07	Group: .292 Time: 4.673 Group×Time: 1.435	.750 .044 .264
	LWL	18.65±3.29	19.44±3.79		
	HWL	19.02±2.17	21.99±1.65***		

Mean ± SD, paired t-test.

\* $p < .05$ ; \*\*\* $p < .001$ .

**Table 4.** Results of EEG

Items	Group	pre	post	F	p
Theta (%)	CON	15.10±9.70	9.43±3.72	Group: 418 Time: 35.089 Group×Time: .179	.665 .001 .838
	LWL	13.90±2.12	6.73±1.10***		
	HWL	14.54±2.83	7.53±3.94***		
Alpha (%)	CON	24.26±6.95	24.42±5.28	Group: 7.677 Time: 110.499 Group×Time: 432.956	.001 .001 .001
	LWL	24.75±4.30	17.19±6.37*** <sup>a</sup>		
	HWL	24.27±3.57	5.42±.719*** <sup>ab</sup>		
SMR (%)	CON	3.59±.96	3.53±.56	Group: 3.918 Time: 3.847 Group×Time: 2.922	.039 .065 .080
	LWL	2.93±.84	2.91±.30		
	HWL	3.15±.81	2.27±.46 <sup>ab</sup>		
Mid-beta (%)	CON	2.30±.53	2.51±.58	Group: 6.899 Time: 105.617 Group×Time: 20.071	.006 .001 .001
	LWL	2.00±.42	3.60±.81*** <sup>a</sup>		
	HWL	2.16±.23	4.31±.27*** <sup>a</sup>		
High-beta (%)	CON	3.57±.31	4.37±2.06	Group: 20.571 Time: 114.892 Group×Time: 22.387	.001 .001 .001
	LWL	3.24±.14	7.69±2.02*** <sup>a</sup>		
	HWL	3.39±.17	10.40±.71*** <sup>ab</sup>		
Gamma (%)	CON	2.53±1.18	4.40±5.23	Group: 24.218 Time: 130.381 Group×Time: 27.370	.001 .001 .001
	LWL	2.00±.43	13.06±4.90*** <sup>a</sup>		
	HWL	2.22±.18	20.63±.89*** <sup>ab</sup>		

Mean ± SD, paired t-test.

\*\* $p < .01$ ; \*\*\* $p < .001$ ; <sup>a</sup>significantly different CON; <sup>b</sup>significantly different LWL.

## 논 의

본 연구는 체급별 경기에서 성공적인 결과를 위하여 단기간 체중감량 시 나타나는 신체구성, 혈액 내의 스트레스 인자 및 뇌파의 상대값 변화를 분석하여 생리·심리적인 변화를 알아보고자 하였다.

체중감량이 운동수행능력에 미치는 관점을 두고 연구는 지속적으로 이루어지고 있다. 특히, Min et al. [10]은 장기간 체중감량을 체계적으로 실시하면 경기력 향상에 도움을 준다고 하였다. 그러나 체급 종목의 선수들은 자신의 체중보다 낮은 체급에서 경기를 수행하는 것이 유리하다고 생각하여 체지방이 적거나 적절한 체중임에도 불구하고 단기간에 체중을 감량한다고 밝혀지고 있다[24]. 그러므로 선수들은 단기간 체중감량을 위하여 고강도 운동, 탈수, 절식과 금식으로 인한 다양한 체중 감량을 시도하고 있으므로 선수들의 체력 저하와 집중력 부족 등 운동수행능력에 불리한 조건으로 경기를 임하게 되므로 이를 방지하기 위한 체계적인 관리가 필요한 실정이다.

본 연구에서 선수들은 체중감량을 실시하여 체지방률은 감량 전, 후 차에서 CON과 LWL에서는 차이가 나지 않았지만 HWL에서 감량 전보다 유의한 감소를 보여 체중의 5% 이상 감량 시 체지방 비율의 차가 나타나는 것을 알 수 있었다. 그러나 체지방률이 HWL에서 감량 전보다 높게 나타난 이유는 체지방률을 체중에 대한 비율로 하였기에 HWL에서는 체지방이 감소하면서 체지방이 수치적으로 증가하여 나타났다.

WHR에서는 HWL에서 체중감량 전후 비교에서 감량 전보다 유의하게 감소되어 나타났으며, 체중감량 후 CON과 비교하여 집단차가 나타나 체중의 5% 이상 감량은 체지방과 WHR의 비율을 줄이는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Kim et al. [25]의 식이제한과 탈수에 의한 체중감량과 Slater et al. [26]의 체중 5% 이상 감량 시 체내지방의 급격한 손실이 발생되어 신체조성의 변화가 나타나는 동일한 결과를 보이고 있다. 그러므로 적절한 신체의 컨디션을 유지하려면 5% 이하의 체중 감량이 효율적이라 생각된다.

에피네프린과 노르에피네프린은 스트레스호르몬에 포함이 되면서도 아민 신경호르몬계 호르몬이다. 혈액-매개(blood-borne) 에피네프린은 부신의 중앙부위인 수질에서 크롬친화성 세포로부터 기인한다. 신경자극에 대한 부신수질은 함유물을 신장의 정맥으로 내보낸다. 그래서 매우 빠른 에피네프린 반응을 보이게 된다. 노르에피네프린은 대부분이 교감신경계 시냅스에서의 과잉(spillover)에 기인한다. 그러므로 때론 교감신경계의 활성 지표로도 간주되고 있다.

본 연구의 에피네프린은 체중감량에 따른 상호작용과 집단 간 차는 나타나지 않았다. HWL에서 감량 전보다 감량 후 유의하게 감소한 것으로 나타나고 있으며, Min [27], Yang [11]의 연구에서도 에피네프린의 경미한 감소를 보고하여 본 연구의 LWL의 결과와 유사하게 나타나고 있다. 이러한 결과는 에피네프린은 체내 글루코스 회복에 크게 작용하

며 체중감량으로 인한 체내 당원이 고갈되어 절대량이 감소하고 그와 함께 에피네프린이 농도도 감소되어 나타난 결과로 생각된다. 노르에피네프린은 체중감량에 따른 상호작용과 집단 간 차는 나타나지 않았지만, HWL에서 감량 전보다 감량 후 유의하게 증가한 것으로 나타났다. Na [28], Yang [11]의 연구에서도 체중감량 후 노르에피네프린의 증가를 보고하고 있으며, 이러한 요인은 노르에피네프린은 지방조직에서 유리지방산의 분해를 촉진하므로 본 연구에서 식이제한으로 인한 탄수화물의 낮은 섭취와 훈련으로 인하여 유리지방산의 동원이 증가하여 나타난 결과로 사료된다. 또한, 노르에피네프린의 증가는 혈관을 수축시켜 혈압의 상승을 가져와 건강을 저해하는 요인이 될 수 있다.

고강도 운동이나 심리적 불안은 HPA축에서 코티졸 호르몬 분비를 하는 것으로 알려져 있으며[29], Oh [30]는 과부하 운동으로 나타나는 스트레스 호르몬인 코티졸은 근육세포로부터 아미노산, 간에서의 글리코겐, 지방세포에서 유리지방산을 이용하여 훈련 시 평균 혈당을 유지하는 기능을 한다고 하였다. Oh et al. [31]도 고강도 훈련과 체중 감량이 체내 혈당공급이 원활하지 않아 혈중 코티졸 수준이 체중 감량 전보다 상승한 결과를 보고하였다. 본 연구에서도 HWL은 감량 후 코티졸은 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 이는 높은 체중감량으로 인하여 혈당 저하를 가져와 신체의 항상성 유지를 위하여 코티졸이 증가한 것으로 사료되며[30], 따라서 단기간 체중감량에서 적절한 혈당 관리가 필요하며, 이와 관련한 추후 연구가 이루어져야 할 것이다.

정서안정 또는 수면으로 이어지는 과정에서 주로 나타나는 Theta파 [32]에서 LWL, HWL은 단기간 체중감량 후 모두 유의하게 감소되었으며, 이러한 결과로 연구대상자들의 수면 및 정서안정에 부정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이와 유사하게 편안한 심리상태와 신체적, 정신적 이완상태 시 활성화되는 Alpha파에서도 LWL의 활성은 유의한 감소를 보였으며, HWL은 더 낮은 활성을 나타내었다. Alpha파의 활성은 가장 효과적인 주의집중을 이끌어내며, 종합적인 판단과 학습에 긍정적인 영향을 미치는 뇌파대역이다[33]. 스포츠 경기 시 항진상태의 Alpha파는 최상의 경기력 수행을 위한 컨디셔닝 상태라 제안하고 있다[34]. 따라서 본 연구에서 Theta파와 Alpha파의 결과로 단기간 체중감량의 두 집단은 수면, 스트레스 및 운동피로에 영향을 미치는 것으로 알 수 있다.

Beta파는 SMR, Mid-Beta, High-Beta파로 구분한다. SMR파는 뇌의 감각, 운동피질에서 나타나고[35], 주의집중력과 관련이 되어[36,37], 스트레스 없이 쉽고 정확한 수행이 가능할 때 활성화되는 파이다[38]. 본 연구의 SMR파는 체중감량 후 CON과 LWL에 비해 HWL의 활성이 낮게 나타나 주의집중력이 떨어지는 것으로 확인할 수 있었다. 이는 체중의 감소에 의한 결과로 SMR파의 경우 체중이 감소할 경우 활성은 낮아지는 정의 상관을 가지는 것으로 보고되고 있다[20]. Mid-Beta파는 논리적 사고나 문제 해결 같은 외적주의력에 관여하며[35], High-

Beta파는 각성하고 사고하는 특징을 가지며 스트레스가 많고 활동적인 정신 상태를 반영하는데[38], 주로 육체적, 정신적 피로, 긴장, 스트레스 상태일 때 나타난다[39]. 본 연구의 Mid-Beta파와 High-Beta파는 CON에 비해 LWL, HWL의 두 집단 모두 활성은 증가되었으며, Park et al. [21]의 연구결과와 유사한 경향을 보였다. Mid-Beta파는 각성상태 또는 운동수행 전 대기상태의 주의 집중을 반영하며 새로운 과제에 활성화되지만, 습관화 및 문제 해결 시 감소되는 경향이 나타난다[36]. High-Beta파는 고난이도의 과제 수행 시 나타나며, 미해결 상태가 지속되면 뇌기능이 흐트러져 불안상태를 가져와 각성상태의 증가로 공황, 불안 및 만성통증이 증가된다[40].

Gamma파에서는 흥분 상태나 극도의 집중 및 지나친 각성 혹은 스트레스 상태에서 활성화된다[41]. Cho et al. [42]의 레슬링 선수와 Park [20]의 복싱 선수들을 대상으로 단기간 체중 감량이 Gamma파의 활성을 증가하였다고 보고하였으며, 본 연구에서도 LWL과 HWL의 활성은 유의한 증가가 나타나 선행연구와 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과는 체중감량의 비율이 높을수록 경기 전 흥분과 심리불안으로 스트레스 상황에 놓여 경기력 수행의 저하를 가져올 것으로 사료된다.

이를 종합해보면, 체중감량의 비율이 높을수록 불안, 주의 집중력 감소, 논리적 사고나 문제 해결 능력 감소, 육체적, 정신적 피로, 긴장, 흥분과 불안은 높게 나타나 체중감량은 정신활동에 부정적인 영향을 미치고 있음이 확인되었다.

## 결론

본 연구의 목적은 체급별 경기 종목 선수들을 대상으로 단기간 체중감량차이에 따른 스트레스 인자와 뇌파의 변화를 분석하였다. 본 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 신체조성에서 체지방과 WHR에서는 HWL에서 유의하게 감소되어 나타났으며( $p < .001$ ), 제지방은 HWL에서 유의한 증가가 나타났다( $p < .01$ ). 둘째, 스트레스 호르몬은 각 항목 모두 체중감량에 따른 상호작용과 집단 간 차는 나타나지 않았다( $p > .05$ ). 그러나 에피네프린은 HWL에서 체중감량 후 감소하였고( $p < .05$ ), 노르에피네프린( $p < .05$ )과 코티졸( $p < .001$ )은 HWL에서 체중감량 후 증가되어 나타났다. 셋째, 뇌파의 Theta파와 SMR파는 상호작용과 집단 간 차가 나타나지 않았다( $p > .05$ ). 그러나 Alpha파, Mid-beta파, High-beta파 그리고 Gamma파는 상호작용이 나타났다( $p < .001$ ).

결론적으로 스트레스 호르몬의 결과에서 시험 전 단기간 체중감량은 5% 이하로 이루어져야 스트레스 호르몬의 변화가 나타나지 않아 성공적인 경기력을 수행할 수 있을 것이다. 뇌파의 결과에서는 최상의 컨디션을 유지하기 위해서 평소 체중을 시험 시 체중으로 유지하여야 한다. 따라서 두 변인의 결과를 종합해보면, 5% 이상의 체중감량은 스

트레스 호르몬 및 뇌파 활성에 부정적인 영향이 나타나 경기력 수행의 저하를 초래할 수 있으므로 과도한 체중감량은 지양되어야 할 것이다.

## REFERENCES

1. Kim CH, Kim C, Ji JW, Pyo JH, Oh HS, et al. Weight loss patterns of weight-classed athletes in Korea: A Descriptive Study. *Korean J Sports Med.* 2001;19(1):49-61.
2. Park KY, Kim HC, Choi KH, Hwang SH. Weight loss pattern analysis of judo and taekwondo athletes in high school. *KSR.* 2006;17(4):11-22.
3. Lee JK, Kim C, Kim CH, Kwon YW, Kim JH. Weight loss patterns of the young taekwondo athletes in Korea: A Descriptive. *Korean J Sport Sci.* 2002;13(2):81-90.
4. Artioli GG, Gualano B, Franchini E, Scagliusi FB, Takesian M, et al. Prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss among judo competitors. *Med Sci Sports Exer.* 2010;42(3):436-42.
5. Alderman BL, Landers DM, Carlson J, Scott JR. Factors related to rapid weight loss practices among international-style wrestlers. *Med Sci Sports Exer.* 2004;36(2):249-52.
6. Cheon WG, Kim KJ. Change of exercise performance and physiological variable after rapid weight loss in taekwondo players. *Korean J Sports Sci.* 2004;43(6):519-30.
7. Hwang YC, Park SS, Lee SH, Kim KT, Kim JH, et al. Impact of black chokeberry intake on antioxidant enzymes and immunity while boxers are on a weight reduction program. *J Sport Leis Stud.* 2014;58(2):1043-51.
8. Rhyu HS. Effects of short term weight loss on physiological variables in weight category sports. *Korean J Sport Sci.* 2016;27(2):209-19.
9. Hoffman-Goetz L, Pedersen BK. Exercise and the immune system: regulation integration, and adaptation. *Physiol Rev.* 1994;80(3):1055-81.
10. Min CK, Kim DK. The effects on stress hormone and blood fatigue caused by short-term weight loss in taekwondo players. *J Alliance Martial Arts.* 2010;12(1):199-212.
11. Yang SH. Effects of short-term weight loss on stress hormone and immune function in Judo players. *Exer Sci.* 2010;19(3):289-300.
12. Kim KR, Lee JH. The effect of rapid weight reduction on serum enzyme and stress hormone in high school wrestlers. *J Inst School Health Physic Edu.* 2016;20(2):192-203.
13. Kraemer WJ, Fry AC, Rubin MR, Triplette-Mcbride T, Gordon SE, et al. Physiological and performance responders to tournament wrestling. *Med Sci Sports Exer.* 2001;33(8):1367-78.
14. Son TY, Hong Y, Jo HC. The effects of iron supplementation on se-

- rum parameters, immune cells and aerobic, anaerobic capacity during gradual & rapid weight loss. *Exer Sci.* 2003;12(2):173-86.
15. Choma CW, Sforzo GA, Keller BA. Impact of rapid weight loss on cognitive function in collegiate wrestlers. *Med Sci Sports Exer.* 1998; 30(4):746-9.
  16. Yoshida H, Yasuhara A, Kobayashi Y. Transcranial Doppler sonographic studies of cerebral blood flow velocity in neonates. *Pediatr Neurol.* 1991;7(2):105-10.
  17. Hata R, Matsumoto M, Handa N, Terakawa H, Sugitani Y, et al. Effects of hemodialysis on cerebral circulation evaluated by transcranial Doppler ultrasonography. *Stroke.* 1994;25(2):408-12.
  18. Ji YS, Lee HH, Lim EM, Yoon JH, Choi DW, et al. Effect of rapid weight loss on cerebral blood flow velocity in Taekwondo players. *J Coaching Develop.* 2005;7(2):139-45.
  19. Kim JW, Kim YE, Moon HS. The mediating effects validation of sports stress on self-management and confidence by Judo players. *J Alliance Martial Arts.* 2015;17(1):91-106.
  20. Park MK. The effect of weight reduction to the autonomic nervous and the electroencephalogram of the boxer [dissertation]. Cheongju: Chonbuk National University 2011.
  21. Park JH, Kim YN, Kim JY. The effects of pre-competitive weight loss on EEG and training stress in college wrestling match contrast wrestling athletes. *J Coaching Develop.* 2014;16(3):167-73.
  22. Baek CS, Moon SY, Kwon TD. Effects of short-term weight loss on stress hormone and brain activity. *Korean J Sports Sci.* 2016;25(4):1207-18.
  23. Park SM, Shin JS, Kim KH, Huh YS. Effects of flying disc activities at different times on body development, basic physical strength and Electroencephalogram of male elementary school students. *Korean J Sports Sci.* 2016;25(6):1289-99.
  24. Park KS. The effect of weight reduction on stress hormone density of taekwondo player. *Korea Sport Res.* 2005;16(3):373-80.
  25. Kim KJ, Lee SJ, Chang IH. Changes of exercise - induced fatigue variables after rapid weight loss through dehydration and starvation. *Korean J Phys Edu.* 2000;39(3):377-90.
  26. Slater G, Rice A, Jenkins D, Hahn A. Body mass management of light-weight rowers: nutritional strategies and performance implications. *Br J Sports Med.* 2014;48(21):1529-33.
  27. Min JA. A study of body composition and muscle strength caused by Athletes' rapid weight reduction [dissertation]. Daegu: Kyungpook National University 2007.
  28. Na JC. The effects of long-term circuit weight training on lymphocyte subpopulations in middle-aged women. *J Exer Nutr Biochem.* 2002; 6(2):27-31.
  29. Simpson RJ, Kunz H, Agha N, Graff R. Exercise and the regulation of immune functions. *Prog Mol Biol Transl Sci.* 2015;135:355-80.
  30. Oh SD. The change of cortisol, testosterone by overload training program. *Korean J Physic Edu.* 1999;38(3):522-31.
  31. Oh SI, Hwang YS, Yang WJ, Lee WB. The effect of weight loss of taekwondo players before competition on the body composition, cortisol, immunoglobulin, and blood components. *J Alliance Martial Arts.* 2015;17(4):1-12.
  32. Lee SM. The Effects of sand play therapy on emotional clarity and brain-wave indexes of female juvenile delinquents [thesis]. Cheonan: Namseoul University 2013.
  33. Larson CL, Davidson RJ, Abercrombie HC, Ward RT, Schaefer Sm, et al. Relations between PET-derived measures of thalamic glucose metabolism and EEG alpha power. *Psychophysiol.* 1998;35(2):162-9.
  34. Aspinall P, Mavros P, Coyne R, Roe J. The urban brain: analysing outdoor physical activity with mobile EEG. *Br J Sports Med* 2015;49(4):272-6.
  35. Keizer AW, Verschoor M, Verment RS, Hommel B. The effect of gamma enhancing neurofeedback on the control of feature bindings and intelligence measures. *Int J Psychophysiol.* 2010;75(1):25-32.
  36. Egner T, Gruzelier JH. EEG biofeedback of low beta and components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials. *Clin Neurophysiol.* 2001;115(1):131-9.
  37. Scott WC, Kaiser D, Othmer S, Siderroff SI. Effects of an EEG biofeedback protocol on a mixed substance abusing population. *Am J Drug Alcohol Abuse.* 2005;31(3):455-69.
  38. Jung JH. 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.
  39. Thompson M, Thompson L. Neurofeedback treatment for autistic spectrum disorders: Review of 60 cases principles and outcome. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2003;28(4):305-6.
  40. Evans JR, Abarbanel A. Introduction to quantitative EEG and neurofeedback. Elsevier 1999.
  41. Howard MW, Rizzuto DS, Caplan JW, Madson JR, Lisman J, et al. Gamma oscillations correlate with working memory load in human. *Cereb Cortex.* 2003;13(12):1257-70.
  42. Cho SW, Shin JS, Huh YS. Effects of short-term weight loss on stress hormone and gamma-wave in the EEG of Collegiate wrestlers. *Korean J Sports Sci.* 2017;26(6):1193-202.