

Influence of complex exercise and chromium supplement on health-related physical fitness, appetite regulating hormones, and diabetes risk factors in obese elementary students

Kyong-tae Kim*

Kookmin University

[Purpose] The purpose of this study was to determine the influence of complex exercise and chromium supplement on health-related physical fitness, appetite regulating hormones, and diabetes risk factors in obese elementary school students. **[Methods]** The subjects were 32 obese elementary students over 25 kg/m² to BMI, 8 complex exercise with high chromium supplement group (CE+HC), 8 complex exercise with low chromium supplement group (CE+LC), 8 complex exercise with placebo group (CE+PL), and 8 placebo group (PL). The subjects have performed the exercise program for 70 minutes a day and 3 times a week with aerobic and anaerobic exercise during 12 weeks. Also, low and high chromium supplement group took a peel 50 ug and 400 ug respectively at the same time and place. **[Results]** There were significant decreases in body fat to CE+HC compared with CE+PL ($p<.05$) and significant increase in muscle mass compared with CE+PL ($p<.05$). However, there were no significant differences in body weight, BMI, muscular strength, muscular endurance, and flexibility between groups. For appetite regulating hormones, there is a significant difference to ghrelin in CE+HC compared with CE+PL ($p<.05$) and there were significant differences to glucose and insulin significantly decreased in CE+HC compared with CE+PL ($p<.05$) in diabetes risk factors. **[Conclusions]** In conclusion, there were positive responses for body composition and diabetes risk factors for the twofold cases through complex exercise and high chromium supplement, but not for physical fitness and appetite regulating hormones.

Key words: Complex exercise, Obesity, Body fat, Muscle mass, Leptin, Glucose, Insulin

서론

현대 과학문명의 발달은 안전성과 편리성을 추구시켜준 반면, 건강적인 측면에서는 움직임의 감소결과와 더불어 신체적인 변화로서 만병의 근원이라 할 수 있는 비만율이 급속하고 지속적으로 증가되어지는 추세

이다(Davenport et al., 2012).

비만은 세계보건기구에서 규정한 바와 같이 치료가 필요한 비정상적인 체지방의 증가로 인하여 대사장애를 유발시키는 비전염성 질병으로 청소년기의 지방은 주로 세포증식형으로 발생되고, 성인기에는 세포비대형으로 나타나기 때문에 청소년기에 증식된 지방세포수를 소유한 소아·청소년비만자들이 성인기에 접어들게 되면 치료가 더욱 어려워지게 된다(Navti et al., 2014). 이러한 부분을 고려해 볼 때, 아동기뿐만 아니라 성장기 어

논문 투고일 : 2018. 01. 25.

논문 수정일 : 2018. 02. 28.

게재 확정일 : 2018. 04. 02.

* 교신저자 : 김경태 (nankt@hanmail.net)

린이를 위한 비만 예방의 구체적인 제시가 강조되어지는 이유는 장기간의 방치시 비만치료 및 해소가 보다 어려워진다는 점과 향후 지질대사 및 당대사 이상 등의 생활습관병에 노출될 확률이 높아질 수 있기 때문이다(Kim et al., 2011).

칼로리섭취를 줄이는 식이요법과 체내 지방성분을 배출시켜 주는 약물요법 등은 단기간에 많은 체중감량의 효과를 유발시키지만(Quinn et al., 2008; Park et al., 2008), 운동요법이 배제되어지는 경우 기초대사량의 저하현상과 더불어 근육손실에 의한 체지방량의 감소 및 웨이트 싸이클링의 기간이 단축되는 것으로 보고되어진다(Aguer et al., 2010; McGuire et al., 2009). 선행연구에서 살펴보면, 초등학생을 대상으로 줄넘기운동, 자전거타기운동, 걷기 운동 등의 부적 에너지균형을 유발시키는 유산소성 운동의 수행을 통하여 체지방률 감소효과에 대한 선행연구들이 보고되어지고 있지만(Carrel et al., 2008; Kang, 2010), 장기간의 운동프로그램 적용시 근력강화운동을 포함하지 않거나 비율이 적은 경우 운동초기에는 약간의 근육량 증가 및 체지방량의 감소현상을 나타내는 반면 점차적으로 변화량은 줄어들거나 변동이 없음을 이전 연구들을 통하여 알 수 있으며(Sothorn et al., 2000; Thievel et al., 2011), 근력강화 및 향상을 위한 저항성 운동은 체지방량의 지속적인 증가와 유지를 도출하고 감소현상을 방지하기 위해 간과될 수 없는 운동형태로 보여진다. 그러므로 성장기 어린이의 근육량을 포함한 체지방량은 증가시키고 체지방량은 감소시키기 위한 지속적이고 규칙적인 신체활동의 수행으로서 복합운동을 제시하는 것은 매우 필요한 부분으로 생각되어진다.

섭취량과 소모량의 불균형을 초래하는 잘못된 식생활패턴 및 운동부족 현상에 의하여 나타나는 비만은 유전적 영향을 비롯하여 인슐린 과잉분비와 시상하부의 이상과 같은 내분비계 이상이 원인으로 제시되어지고 있다(Byerly et al., 2009; Canabal et al., 2007). 에너지 항상성 유지를 위하여 식욕조절 및 에너지 대사에 관여하는 내분비 호르몬인 렙틴과 그렐린은 체내의 에너지균형에 관한 정보를 뇌하수체 수용체에 전달하는

작용을 한다(Tajtakova et al., 2010). 렙틴은 음식의 섭취를 줄이고 에너지 소비를 높여 체중조절에 관여하고, 체질량지수 및 체지방 총량과 밀접한 관련이 있으며, 주로 지방세포에 의해 생성되어 혈중으로 분비된다(Gulturk, 2008). 혈중 렙틴 농도는 지방조직의 양과 직접적으로 비례하고 체중감소를 통한 체지방량의 변화는 렙틴 농도에 영향을 미치며, 선행연구를 통하여 장기간 운동 후에는 렙틴의 농도가 유의하게 감소되어지는 것으로 보고되어진다(Hagobian, et al., 2009). 대조적으로 그렐린은 위장에서 생산되는 식욕 촉진인자로서 체내 음식섭취와 영양상태에 관한 신호를 시상하부에 전달하며, 식욕억제인자인 렙틴과 함께 시상하부 공상핵 내에서 길항작용을 하면서 식욕조절에 중요한 역할을 한다(Okamatsu et al., 2009). 공복시와 체중감소시에는 렙틴의 농도는 감소하고 그렐린의 농도가 증가하여 음식섭취는 증가하고, 반대로 체중증가시에는 렙틴이 증가하고 그렐린이 감소하여 음식섭취량이 줄어드는 것으로 알려져 있다(Bergouignan et al., 2010). 운동에 따른 그렐린의 변화 결과를 살펴보면, 운동수행을 통한 체중감소현상은 그렐린 분비수준을 증가시키는데, 이는 운동으로 인한 에너지소비 결과인 체중변화에 그렐린의 수치가 민감하게 반응하는 것을 의미하며(Yoon et al., 2010), 신경내분비 시스템을 자극하는 운동을 통한 에너지균형의 변화는 필연적으로 식욕에 영향을 미치는 것으로 사료되어진다(Tremblay & Therrien, 2006).

골격근의 발달이 현저하게 발현되어지는 유소년기는 성장과정이 급속히 이루어지는 영유아기와는 달리 각 장기 및 조직의 기능이 충실해짐과 더불어 비교적 완만한 성장의 지속이 이루어지기 때문에 이러한 초등학생 시기에 정상적이고 온전한 성장 발달을 도모하기 위해서는 충분한 영양공급의 제시가 반드시 필요할 것으로 보여진다(Wells et al., 2007). 하지만 많은 비만 어린이의 경우 칼로리가 높은 조리편의 식품이나 패스트푸드 등의 잘못된 식습관으로 당질과 지질의 섭취비율은 높고 미량영양소 섭취부족으로 영양불균형 현상을 나타내며(Kirby & Danner, 2009), 휴대폰 및 컴퓨터게임 등을 통하여 외부에서의 신체활동시간은 감소되어진 반면, 열량섭취의 통제가 이루어지지 않아

포도당의 지방으로의 전환이 이루어지는 결과와 더불어 인슐린 저항성의 증가 및 인슐린 감수성의 저하를 유발하게 된다(Elliott et al., 2002). 다양한 미량영양소 중 크롬(chromium)은 세포의 인슐린 수용체를 활성화시키고, 그 양을 늘려주는 결정적인 역할을 하는 물질이다(Ather et al., 2012). 특히, 당대사에 깊이 관련될뿐만 아니라 LDL 콜레스테롤과 중성지방의 혈중농도 감소와 심혈관질환을 호전시키는 것으로 알려져 있으며, 크롬은 인체 내에서 흡수도가 낮아 구강섭취시 소장에서 소량만이 흡수되고 배출되어지기 때문에 정제된 음식섭취시 크롬결핍에 걸릴 확률이 높은 것으로 알려져 있다(Habibian et al., 2013). 골밀도에 영향을 미치는 중요한 식이요인인 칼슘, 인, 마그네슘 등과 더불어 초등학생 시기의 정상적인 발육 발달을 위하여 적절한 공급과 필요량의 고려가 이루어져야 할 무기질 영양소이다(Muhammad et al., 2012). 게다가 크롬섭취는 콜레스테롤 및 지방질뿐만 아니라 탄수화물의 대사에 영향을 미치고(Weiwei et al., 2015), 혈당의 안정화와 인슐린을 조절하여 체중감소 효과를 가져오며(William et al., 2014), 당뇨, 내당능장애, 심혈관계질환 등의 생활습관병을 호전시키는데 일조하는 것으로 보고되어진다(Kannan et al., 2015). 선행연구에서 살펴보면, Celleno et al. (2007)은 청소년을 대상으로 크롬섭취를 실시한 결과 체중과 체지방량에서 매우 유의한 감소결과를 나타내었다고 보고하였으며, Hua et al. (2013)은 위약군과 비교하여 크롬섭취군에서 당뇨병자의 공복혈당 수치는 낮아지고 인슐린 감수성은 증가하는 것으로 보

고하였다. 하지만 아직까지 보다 효과적으로 신체조성 및 당뇨위험요인을 긍정적인 방향으로 변화시킬 수 있는 크롬섭취의 적정량에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 다양한 크롬섭취량의 방법을 적용함으로써 더욱 과학적인 지표설정을 제시하고 유산소성운동과 저항성운동프로그램의 수행을 통하여 초등학생의 비만해소방안과 건강증진을 모색하는데 그 목적이 있다.

연구방법

연구대상

본 연구에 참여한 대상자는 서울시 소재 B초등학교에 재학하고 있는 남학생들 중에서 과거에 특별한 병력이나 현재 건강상에 이상 또는 질병이 없고 체질량지수가 25 kg/m² 이상인 초등학생 32명을 선정하였으며, 복합운동 및 고크롬섭취군 8명, 복합운동 및 저크롬섭취군 8명, 복합운동 및 위약섭취군 8명, 위약섭취군 8명으로 구성하여 실험을 수행하였다. 실험에 앞서 연구자는 보호자 입회하에 모든 연구대상자에게 본 실험과정에 대하여 구체적으로 충분히 설명한 후 자발적으로 참여동의서를 받았고, 또한 보호자에게는 각종 검사실시에 관한 검사동의서를 얻었으며, 기관생명윤리위원회(IRB)의 승인 후 본 실험에 착수하였다. 연구참여자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristic subjects

(Mean±SD)

Variables	N	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)	Body fat (%)	Muscle mass (kg)
CE+HC	8	12.60±.52	154.45±2.82	64.50±4.01	27.02±1.20	28.06±1.05	21.06±1.25
CE+LC	8	12.40±.69	154.60±4.20	65.35±3.36	26.47±1.83	27.70±1.44	20.98±1.76
CE+PL	8	12.30±.67	155.85±4.28	63.75±3.65	26.21±1.01	27.64±1.54	20.57±1.56
PL	8	12.20±.79	154.05±5.18	63.65±3.85	26.82±1.08	28.36±1.15	20.14±1.22

CE+HC : Complex Exercise + High Chromium Supplement Group,

CE+LC : Complex Exercise + Low Chromium Supplement Group,

CE+PL : Complex Exercise + Placebo Group, PL : Placebo Group

실험내용 및 방법

복합운동프로그램

본 실험에서 사용한 복합운동프로그램은 유산소성 운동과 저항성운동을 혼합, 구성하여 12주간 실시하였다. 모든 피험자는 주 3회, 매 70분간 실시하였으며, 준비운동과 정리운동 각 10분, 본 운동으로서 근력강화를 위한 웨이트 트레이닝 및 탄성밴드운동과 자전거 에르고미터, 트레드밀, 암에르고미터를 이용한 유산소성운동은 50분간 실시하였다. 준비운동은 구령에 맞춘 맨손체조와 자전거 타기로 warm-up을 하였고, 정리운동은 스트레칭으로 마무리하였다.

본 연구에서 실시한 저항성 운동프로그램은 상·하체 및 복부와 요부를 포함한 전신근력강화에 효과적인 10개 항목으로 구성하고, 연구대상이 초등학교생인 점을 감안하고 안전사고 예방을 위하여 프리웨이트(free weight)보다 머신(machine)을 위주로 하여 사용하였으며, 상체운동은 탄성밴드운동으로, 하체운동은 웨이트 트레이닝 위주로 실시하였다. 탄성밴드운동은 초등학교생이 사용하기에 적합한 노란색(thin)과 빨간색(medium)을 사용하였다. 탄성밴드의 운동강도는 하나의 동작을 연속하여 10회 정도 할 수 있는 위치를 선정하였으며, 근력증가로 인하여 동일한 강도로 20회 정도까지 할 수 있는 레벨이 되었을 때 탄성밴드의 위치를 조정하였다. 적응단계인 1-4주에

는 노란색 탄성밴드를 이용하여 운동자각도(RPE) 11-13 강도에서 실시하였으며, 5-8주와 9-12주에는 빨간색 탄성밴드를 이용하여 각각 RPE 11-13, RPE 14-15 강도로 수행하였다(Jung et al., 2009). 웨이트 트레이닝시의 운동강도를 설정하기 위하여 1-RM을 측정하였다. 1-RM 검사항목은 squat, leg extension, leg press, leg curl, calf raise로서 최대하 부하의 반복횟수를 통하여 간접적으로 1-RM을 추정하는 방법을 선택하였다(Brzycki, 1993). 유산소성운동의 강도는 1-4주는 HRmax의 40-50% 수준으로, 5-8주는 HRmax의 50-60% 수준으로, 9-12주는 HRmax의 60-70% 수준으로 실시하였고, 모든 대상자는 심박수 측정기를 착용하여 운동강도를 유지시켰다. 구체적인 복합운동프로그램은 <Table 2>에 제시된 바와 같다.

크롬투여 방법

연구자는 모든 피험자에게 정제된 크롬약과 위약을 매일 일정한 시간에 동일한 장소에서 섭취시켰다. 저크롬 섭취군과 고크롬 섭취군은 매일 각각 50ug, 400ug의 크롬정제를 섭취하였다(Kim et al., 2011). 음식섭취는 평상시와 같은 식생활 패턴을 유지하도록 하였으며, 모든 피험자에게 크롬 투여 방법과 크롬섭취에 따른 인체내 생리적 역할 및 기능에 대하여 인지할 수 있도록 설명하였다.

Table 2. Complex exercise program

Variables	Program	Exercise intensity	Time
Warm-up	Gymnastic		10min
Main exercise	Resistance exercise	bench press	1-4weeks : Yellow RPE 11-13 5-8weeks : Red RPE 11-13 9-12weeks : Red RPE 14-15
		Elastic band exercise	
		biceps curl	
	Weight training	back extension	1-4weeks : 1RM 40-50% 5-8weeks : 1RM 50-60% 9-12weeks : 1RM 60-70%
		squat	
		leg press	
Aerobic exercise	leg curl	1-4weeks : HRmax 40-50% 5-8weeks : HRmax 50-60% 9-12weeks : HRmax 60-70%	
	bicycle ergometer		
	treadmill		
	arm ergometer		
Cool down	Stretching		10min

측정항목 및 분석방법

신체조성 및 체력

신장계와 체중계(BSM 330, Biospace, Korea)를 이용하여 피험자의 신장과 체중을 측정 후 체질량지수(BMI)를 산출하였으며, 체성분 분석기(VENUS-5.5, Jawon Medical, Korea)를 이용하여 체지방률, 체지방량, 체지방률, 근육량 등을 생체전기 저항 방식으로 측정하였다. 체력의 하위요인으로는 근력, 근지구력, 유연성을 측정하였다. 근력은 악력계를 이용하여 악력을 측정하고, 근지구력은 윗몸일으키기를 실시하도록 하여 측정하였고, 유연성은 좌전굴 방법을 이용하여 측정하였다(TKK 5404, Takei, Japan).

혈액변인 분석

모든 피험자는 체혈 전 최소 9시간 이상 공복상태 유지가 요구되어졌으며, 실험 당일 실험실에 도착하여 약 30분간의 신체의 안정화 시간을 가진 후 1회용 주사기를 이용하여 정맥에서 약 10ml의 혈액을 채취하였다. 채취된 혈액은 4℃에서 약 30분간 응고시킨 후 원심분리기를 이용하여 3000 rpm에서 혈장을 분리할 것이며, 동결과정을 거치지 않고 분석을 실시하였다. 식욕조절 호르몬의 하위요인 중 렙틴분석은 렙틴 측정용 키트(Human Leptin RIA)를 사용하여 Radio Immuno Assay법을 이용하여 측정하였으며, 검사를 위하여 분리된 표본에 I human leptin을 100uL씩 분주하여 혼합한 후 4℃에서 24시간 반응시켰다. 24시간의 반응 후 침전을 위한 용액을 튜브 1.0ml씩 분주하고, 원심분리기를 이용하여 20분간 3000rpm의 속도로 원심분리한 후 상층액은 버리고 침전물만을 r-counter를 이용하여 최종 분석하였다. 그렐린은 그렐린 측정용 키트(Active Ghrelin ELISA)를 사용하여 ELISA법을 이용하여 분석하였으며, 검사를 위하여 분리된 표본에 Assay buffer 150uL를 넣고 2시간 동안 배양시켰다. 배양을 마친 후 희석시켜 놓은 HRP 200uL를 넣고 1시간 동안 배양시키고 세척기를 이용하여 세척시켰다. 배양용액 200uL를 넣고 30분간 암실에서 배양시키고, 정지시

약 50uL을 넣어 분석하였다. 당뇨위험요인 중 글루코스는 플레인 바큐테이너에 전혈을 넣어 혈청만을 재분리하고 검체와 표준체로 분류한 후 발색시약을 혼합, 방치하여 흡광도를 측정하였다. 인슐린분석은 인슐린 측정용 키트(Insulin RIA)를 사용하여 Radio Immuno Assay법을 이용하여 측정하였으며, 검사를 위하여 분리된 표본 200uL에 I insulin 1.0ml씩을 첨가하여 24℃의 실온에서 20시간 동안 배양하였다. 이러한 과정을 거친 후 튜브에 있는 내용물을 완전히 흡입해내고 r-counter를 이용하여 최종 분석하였다.

자료처리방법

본 연구의 자료처리 방법은 SPSS Version 16.0 program을 이용하여 모든 자료의 평균과 표준편차를 산출하고, 운동프로그램 참여 및 크롬섭취에 따른 신체조성, 체력, 식욕조절 호르몬, 그리고 당뇨위험요인의 차이를 규명하기 위하여 Two-way ANOVA with repeated measures를 사용하였다. 또한 집단과 검사의 상호작용효과가 나타난 경우, 단순효과검증을 위해 시기간의 차이는 종속 T검증을, 집단간의 차이는 독립 T검증을 실시하였고, 측정시기의 그룹간 차이를 알아보기 위하여 One-way ANOVA를 실시하였으며, 사후검증은 Tukey를 실시하였다. 분석을 위한 모든 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

연구결과

신체조성의 변화

12주간의 크롬섭취수준에 따른 복합운동프로그램 참여를 통한 그룹별 신체조성의 변화는 <Table 3>에 제시된 바와 같다. 측정시기간의 체중변화는 사전측정과 비교하여 PL그룹을 제외한 모든 집단에서 유의하게 감소하였지만($p < .001$), 각 그룹간에는 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). 반면, 사전측정과 비교한 측정시기간 체질량지수의 변화는 PL그룹을 제외한 모든

Table 3. Change of body composition

						(Mean±SD)
Variables	Group	N	Pre	Post	△%	Group×Time
Weight (kg)	CE+HC	8	64.50±4.01	59.20±3.63	-8.22	18.932***
	CE+LC	8	65.35±3.36	60.05±5.81	-5.21	
	CE+PL	8	63.75±3.65	61.50±3.69	-3.53	
	PL	8	63.50±4.06	64.17±3.88	1.06	
BMI (kg/m ²)	CE+HC	8	27.02±1.20	24.64±1.49 ^a	-8.82	32.495***
	CE+LC	8	26.47±1.83	24.95±1.31 ^b	-5.75	
	CE+PL	8	26.21±1.01	25.19±1.05	-3.88	
	PL	8	26.82±1.08	27.15±1.47	1.23	
Body fat (%)	CE+HC	8	28.06±1.05	23.83±1.02 ^{a,d}	-14.92	34.645***
	CE+LC	8	27.70±1.44	24.30±1.34 ^b	-12.27	
	CE+PL	8	27.64±1.54	25.32±1.55 ^c	-8.39	
	PL	8	28.26±1.39	28.59±1.08	1.16	
Muscle mass (kg)	CE+HC	8	21.06±1.25	25.79±1.11 ^{a,d}	21.59	41.324***
	CE+LC	8	20.98±1.76	23.80±1.93 ^b	13.42	
	CE+PL	8	20.57±1.56	22.92±1.71 ^c	11.41	
	PL	8	20.14±1.22	18.75±1.79	-1.02	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ a : CE+HC vs PL ($p < .05$), b : CE+LC vs PL ($p < .05$), c : CE+PL vs PL ($p < .05$), d : CE+HC vs CE+PL ($p < .05$)

Table 4. Change of physical fitness

						(Mean±SD)
Variables	Group	N	Pre	Post	△%	Group×Time
Muscular strength (kg)	CE+HC	8	15.46±2.38	20.10±2.44 ^a	30.02	24.268***
	CE+LC	8	16.72±2.15	19.40±2.12	16.04	
	CE+PL	8	16.39±2.14	18.62±2.23	13.65	
	PL	8	16.54±3.34	16.34±3.25	-1.21	
Muscular endurance (frequency)	CE+HC	8	12.60±1.07	16.10±1.19 ^a	27.78	26.388***
	CE+LC	8	13.60±1.17	16.30±1.34 ^b	19.85	
	CE+PL	8	13.80±1.03	15.90±1.20 ^c	15.22	
	PL	8	13.20±1.03	12.40±1.07	-6.06	
Flexibility (cm)	CE+HC	8	16.8±1.31	19.14±1.84	13.93	22.259***
	CE+LC	8	17.21±1.25	19.14±1.28	11.21	
	CE+PL	8	17.08±1.87	18.88±1.87	10.54	
	PL	8	16.68±1.40	16.50±1.39	-1.08	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ a : CE+HC vs PL ($p < .05$), b : CE+LC vs PL ($p < .05$), c : CE+PL vs PL ($p < .05$)

집단에서 유의하게 감소하였고($p<.001$), CE+HC그룹에서 측정시간 가장 높은 증가율을 나타내었으며, 집단간 차이의 결과는 CE+HC그룹과 CE+LC그룹은 PL그룹과 비교하여 유의하게 감소하였다($p<.05$). 또한, 체지방률은 PL그룹과 비교하여 모든 그룹에서 유의하게 감소하였으며($p<.05$), 특히 CE+HC그룹은 CE+PL그룹과 비교하여 유의한 감소결과를 나타내었다($p<.05$). 근육량의 변화에 있어서는 PL그룹과 비교하여 모든 그룹에서 유의하게 증가하였으며($p<.05$), CE+HC그룹은 CE+PL그룹과 비교하여 유의한 증가결과를 나타내었다($p<.05$).

체력의 변화

12주간의 크롬섭취수준에 따른 복합운동프로그램 참여를 통한 그룹별 체력의 변화는 <Table 4>에 제시된 바와 같다. 사전측정과 비교한 측정시간 근력의 변화는 PL그룹을 제외한 모든 집단에서 유의하게 증가하였고($p<.05$), CE+HC그룹은 PL그룹과 비교하여 유의하게 증가하였다($p<.05$). 또한, 근지구력에 있어서도 측정시간에 PL그룹을 제외한 모든 집단에서 유의한 증가결과를 가져왔으며($p<.05$), 특히 CE+HC그룹에서 측정시간 가장 높은 증가율을 나타내었다. 집단간 차이에서는 CE+HC그룹, CE+LC

그룹, CE+PL그룹은 PL그룹과 비교하여 유의하게 증가하는 결과를 나타내었다($p<.05$). 반면, 측정시간 유연성의 변화는 사전측정과 비교하여 PL그룹을 제외한 모든 집단에서 유의하게 증가하였지만($p<.05$), 각 그룹간에는 차이가 나타나지 않았다($p>.05$).

식욕조절 호르몬의 변화

12주간의 크롬섭취수준에 따른 복합운동프로그램 참여를 통한 그룹별 식욕조절 호르몬의 변화는 <Table 5>에 제시된 바와 같다. 측정시간에 따른 렙틴의 변화는 PL그룹을 제외한 모든 집단에서 유의하게 감소하였음을 알 수 있었고($p<.05$), CE+HC그룹에서 가장 큰 감소율을 나타내었으며, 집단간 차이에서도 CE+HC그룹은 CE+PL그룹 및 PL그룹과 비교하여 유의하게 감소하였지만($p<.05$), 그렐린은 CE+HC그룹에서만 PL그룹과 비교하여 유의한 증가결과를 나타내었다($p<.05$).

당뇨위험요인의 변화

12주간의 크롬섭취수준에 따른 복합운동프로그램 참여를 통한 그룹별 당뇨위험요인의 변화는 <Table

Table 5. Change of appetite regulating hormones

(Mean±SD)

Variables	Group	N	Pre	Post	△%	Group×Time
Leptin (ng/ml)	CE+HC	8	11.39±1.14	7.58±1.04 ^a	-33.41	26.364 ^{***}
	CE+LC	8	12.27±1.13	9.30±1.04 ^b	-24.23	
	CE+PL	8	11.49±1.24	9.49±1.41	-17.34	
	PL	8	12.33±1.28	12.59±1.27	2.14	
Ghrelin (pg/ml)	CE+HC	8	18.04±3.51	30.18±3.23 ^a	67.31	19.274 ^{***}
	CE+LC	8	18.35±3.14	28.10±2.86	53.09	
	CE+PL	8	17.75±2.39	23.54±2.32	32.60	
	PL	8	18.07±2.81	17.21±2.32	-4.71	

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

a : CE+HC vs PL ($p<.05$), b : CE+LC vs PL ($p<.05$)

Table 6. Change of diabetes risk factors

(Mean±SD)

Variables	Group	N	Pre	Post	△%	Group×Time
Glucose (mg/dl)	CE+HC	8	96.60±8.19	91.50±8.28 ^{a,d}	-5.28	37.434 ^{***}
	CE+LC	8	95.00±8.29	91.10±8.31	-4.11	
	CE+PL	8	96.10±7.50	94.00±7.36	-2.19	
	PL	8	94.80±7.64	95.80±7.84	1.05	
Insulin (uU/ml)	CE+HC	8	9.31±1.51	6.29±1.52 ^{a,d}	-32.44	36.496 ^{***}
	CE+LC	8	10.55±1.69	8.53±1.67 ^b	-19.15	
	CE+PL	8	11.31±2.34	9.76±2.37	-13.70	
	PL	8	11.63±2.69	12.9±2.66	3.96	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ a : CE+HC vs PL ($p < .05$), b : CE+LC vs PL ($p < .05$), d : CE+HC vs CE+PL ($p < .05$)

6)에 제시된 바와 같다. 측정시기에 따른 글루코스의 변화는 PL그룹을 제외한 모든 집단에서 유의하게 감소하였음을 알 수 있었고($p < .05$), CE+HC그룹에서 가장 높은 증가율을 나타내었으며, 집단간 차이에서도 CE+HC그룹은 CE+PL그룹 및 PL그룹과 비교하여 유의하게 감소하였다($p < .05$). 인슐린 역시 CE+HC그룹은 CE+PL그룹 및 PL그룹과 비교하여 유의한 감소결과를 나타내었으며, CE+LC그룹은 PL그룹과 비교하여 유의하게 감소하였다($p < .05$).

논 의

본 연구에서는 비만초등학생을 대상으로 복합운동 프로그램 수행과 더불어 어느 정도의 크롬섭취가 비만 및 건강관련요소에 한층 더 긍정적인 효과를 미치는지를 규명하는데 그 목적을 두었다. 연구결과에 의하면, 복합운동프로그램 적용을 통한 다량의 크롬섭취는 소량복용시보다 신체조성, 식욕조절 호르몬 및 당뇨위험 요인에 더욱 영향을 미치는 것으로 나타났다.

유산소성 운동의 적용은 비만을 해소하기 위한 가장 좋은 방법으로 권장되어 왔으며, 체지방을 효율적인 제거하는데 일조하는 것으로 알려져 있고, 저항성 운동 또한 비만도를 감소시키는데 효과적인 것으로 보고되어지고 있는데, 이는 체지방량의 증가를 통한 신

체조성의 유익한 변화를 유도함으로써 나타나는 결과라고 할 수 있다(Sousa et al., 2013). 무산소적 운동형태의 적용이 가져다주는 신체조성의 변화는 저항성운동과 같이 직접적인 운동에너지의 충족에 의해서 발생되어진다고보다는 기초대사량을 증가시켜 에너지 수요량을 크게 함으로써 체지방을 감소시키는 것으로 알려져 있으며(Ozcelik et al., 2015), 지방조직보다 운동근육조직의 에너지 소비율이 높은 것을 감안한다면 유산소운동과 마찬가지로 저항성운동 역시 체지방량의 유의한 감소현상을 유발시키는 유익한 운동방법이라 생각된다. 선행연구에서 살펴보면, 저항성 근력 운동을 통하여 비만치료의 효과에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있고(Alberga et al., 2015; Goldfield et al., 2015), 에너지소비의 증가는 저항성운동을 통하여 나타나는 효과로서 근육량의 증가와 함께 체지방량의 감소로서 신체조성 변화에 효과가 있는 것으로 증명되어지고 있다(Areta et al., 2014). Kim et al. (2013)은 6주간의 저항성운동을 실시한 결과 체중, 체지방률, 체지방의 긍정적인 변화를 보였다고 보고하였으며, Kim(2012)는 성장기 초등학생의 체지방량의 감소와 체지방량 증가효과를 발생시켜 대사증후군 위험인자의 개선효과를 12주간의 근력병행운동 프로그램의 적용을 통하여 보고하였다. 또한, Cho et al. (2015)은 12주간의 유산소성운동과 저항성운동을 통하여 복부지방 및 신체조성을 개선시켰다고 하였

으며, Jeon et al. (2013)은 웨이트 트레이닝과 같은 근력강화운동은 기초대사량, 지방분해능력, 근육량 등을 증대시켜 줌으로써 체지방률의 감소와 제지방량 증가결과를 나타낸다고 보고하였다.

크롬은 세포막에 유익하고 당대사에 중요한 역할을 하는 미네랄의 하나로서 하루 권장섭취량에 대한 주장은 학자들마다 의견이 분분하지만, 분명한 사실은 지방분해에 도움을 주는 것으로 보고되어지고 있다 (Karagun et al., 2012). 또한 크롬은 비정상적 지방대사를 개선시키기 위한 영양소로서 신경자극에 의하여 근육이 흥분되면 세포내 저장되어 있던 미량 무기질인 칼슘과 더불어 혈장 단백질과 결합하여 운반되고 (Park & Kang, 2004), 신체 조직 전반에 분포되어 있는 크롬의 방출과 흡수로 인하여 근수축과 이완 작용이 반복되어지는 결과를 가져오며 (Ganguly et al., 2015), 크롬은 신체 내에서 탄수화물, 지방대사에 관여하여 인슐린의 작용을 증폭시켜 혈당조절능력 개선효과와 더불어 탄수화물의 과다섭취를 억제시킬 뿐만 아니라 근육생성에도 도움을 주는 것으로 알려져 있다 (Basaki et al., 2012). 혈액의 단백질을 결합시키고 운반되어 신체의 전반적인 조직에 분포하여 혈당에 관여하는 무기질로서의 역할을 하는 크롬은 다이어트 및 신체의 정상적인 기능과 질병을 예방하기 위해 반드시 필요하고, 인슐린의 기능을 조절하여 포도당 수치를 정상적으로 유지시켜줌으로써 당뇨병 방지와 고혈압 감소에 도움을 주며, 지방산 및 탄수화물의 대사작용에 이용되는 것으로 보고되어진다 (Lewicki et al., 2014). 따라서 본 연구에서와 같이 크롬섭취를 통한 신체활동의 적용은 신체조성의 긍정적인 변화에 있어서 시너지효과를 꾀할 수 있는 것으로 생각되어진다. 이를 뒷받침해주는 선행연구로서, Onakpoya et al. (2013)은 청소년을 대상으로 크롬을 섭취시킨 결과 고크롬섭취그룹이 저크롬섭취그룹보다 골질량의 유의한 증가와 더불어 BMI의 감소 및 제지방량을 향상시키는 것으로 보고하고 있고, Cefalu et al. (2010) 역시 과체중 및 비만여성을 대상으로 한 크롬섭취 연구를 통하여 체중과 체지방률 감소에 효과가 있음을 입증하였다. Choi et al. (2014)은 4주간의 저항성 서킷트레이닝과 크롬이 함유된 복합영양물질

섭취군이 일반운동군 보다 체지방량과 체지방률 모두에서 통계적으로 유의한 감소 결과를 나타내어 본 연구의 결과와 일맥상통함을 알 수 있었다. 본 연구의 결과에서도 체질량지수와 함께 체지방에서의 유의한 감소 현상을 나타내었는데, 이는 크롬섭취가 증가되어지면 체지방량 축적을 방지할 수 있다는 이론을 지지하는 결과이다. 이러한 결과를 토대로 성장기 초등학생의 제지방량의 유지 또는 증가와 더불어 체지방의 감소효과를 가져오기 위한 운동방법 및 적절한 크롬섭취의 제시는 매우 중요한 부분으로 생각되어진다.

유산소성운동과 저항성운동을 병행하는 복합운동 형태는 근섬유에 자극을 주어 근비대 및 신경계의 활성화와 근기능의 향상을 가져오게 하며, 근섬유의 적응으로 근력을 증가시키는 효과를 나타낸다 (Glover & Phillips, 2010). Kim et al. (2012)은 12주간의 저항성운동을 통하여 근력향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보고하였고, Lee et al. (2012)의 연구 결과에서도 통제군과 비교하여 저항성운동군은 혈당요인과 함께 근력에서 유의한 효과를 가져온다고 하였으며, 크롬섭취는 근육량의 증가와 함께 근력을 향상시키는 효과가 있는 것으로 보고되어지고 있는데 (Jackson et al., 2011), 본 연구에서도 규칙적인 복합운동과 고크롬섭취를 통하여 그룹간 근력의 유의한 증가결과를 가져와 선행연구와 유사함을 나타내었다. 또한 크롬은 혈관질환을 예방하는 효과가 있으며, 신경세포와 근육 사이에 신경자극전달작용을 하며 (Hua et al., 2012), 운동부하의 점진적이고 지속적인 자극은 근육의 수축과 이완을 반복시켜줌으로써 근위축의 예방과 관절가동범위를 향상시켜줄 뿐만 아니라 근지구력 증가에 효과를 가져오게 된다 (Kachouri et al., 2016). 아직까지 크롬섭취량의 증감을 통하여 근지구력의 변화를 규명한 선행연구는 보고되어지지 않은 상태이지만, 신체활동과 크롬섭취를 실시한 결과 대조군에 비하여 근지구력이 유의하게 증가되어지는 것으로 보고되어진다 (Volek et al., 2006).

지방조직에서 합성되고 분비되는 항비만 호르몬으로 알려져 있는 렙틴은 지방량의 간접적인 에너지 저장 수준을 반영하고, 에너지 균형유지를 위하여 내분

비적 신호체계에 중요한 역할을 담당하고 있으며 (Harris, 2014), 일반적으로 건강한 사람에 비하여 비만인에게서 더 많은 분비량을 나타내는 식욕조절 호르몬의 하나로서 체지방과 밀접한 상관관계를 가진다 (Dalskov et al., 2015). Kim & Kim (2013)은 걷기 운동을 통하여 체지방률의 감소와 더불어 렙틴수준이 하향 조절되어지는 것으로 보고하였고, 현재까지의 많은 선행연구에서도 통제집단과 비교하여 조깅, 계단오르기, 줄넘기 등의 유산소성 운동집단에서 렙틴이 감소되어지는 결과를 보고하였다(Akbarpour, 2013). 본 연구의 결과에서도 고크롬섭취수준에서의 유산소성 운동 및 저항성운동을 병행한 복합운동프로그램의 수행을 통하여 렙틴의 유의한 감소현상을 알 수 있었는데, 이는 지속적인 운동효과에 의한 에너지 소비량의 증가와 체지방률 감소에 기인하는 부적에너지균형의 결과로 보여진다. 특히 크롬은 아연, 셀레늄과 더불어 감소한 렙틴수치를 감소시킬 수 있는 유일한 미네랄로서 크롬섭취의 부족시 렙틴량을 감지하는 뇌내 기능이 저하되어 체중감소에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있고(Yuan et al., 2014), 아직까지 신체활동을 통한 렙틴의 감소 기전은 명확히 밝혀지지 않았지만 체중, 체지방률, 지방세포의 크기, 인슐린 농도와 높은 상관관계를 나타내는 것으로 알려져 있으며(Chen & Kenny, 2015; Ruegsegger & Booth, 2015), 다양한 운동수행을 통하여 보다 많이 감소되어지는 연구결과를 볼 때(Racil et al., 2016), 크롬섭취와 지속적인 운동의 복합적인 적용효과는 더 많은 에너지 소비를 유도하여 지방분해 과정을 촉진하고 체지방의 감소와 더불어 렙틴의 생성률을 낮추는 결과를 가져오는 것으로 생각되어진다.

음식섭취와 영양상태에 관한 신호를 시상하부에 전달하는 역할을 하는 그렐린은 식욕촉진 효과와 지방형성에 영향을 미치는 호르몬으로 알려져 있으며(Lopes et al., 2013), 체중이 증가할 경우 또는 비만한 경우에는 수치가 감소하고, 체중이 감소하거나 공복상태가 오랫동안 유지되는 경우에는 그 수치가 증가하게 된다(Sato et al., 2014). 본 연구의 결과에서도 통제그룹을 제외한 모든 운동그룹에서 에너지 섭취량 감소와 함께 그렐린 수치가 유의하게 증가됨을 알 수 있

었다. 지속적인 운동을 통한 에너지 소비와 운동 후의 안정시 대사량의 상승은 체내 에너지 소비량의 증가를 유발하여 그렐린 변화에 영향을 준 것으로 보여진다(Douglas et al., 2015). 또한, Prado et al. (2015)은 비만청소년을 대상으로 식이제한과 함께 고강도 유산소성운동을 병행하였을 때 체중감소와 그렐린의 증가 효과를 가져왔으며, Mason et al. (2015)은 비만여성들을 대상으로 식이조절과 운동을 통하여 체지방률의 감소와 함께 그렐린 농도의 유의한 증가를 보고하였는데, 이러한 연구결과들은 본 연구를 뒷받침하는 결과물들로서 운동을 통한 에너지 섭취량의 변화 역시 그렐린과 정적 상관관계를 나타내는 것으로 증명되어졌다.

본 연구에서는 복합운동과 고크롬섭취후 초등학교의 글루코스 및 인슐린 농도가 통제군과 비교하여 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 규칙적인 신체활동은 열량의 활용도를 높여줌으로 인하여 혈당강하의 효과와 인슐린수준을 낮추게 하여 긍정적인 당대사 변화를 유발하며(Glynn et al., 2015), Wysocka et al. (2011)은 크롬섭취를 통하여 인슐린 저항성 감소와 함께 혈당 수준을 낮춰줄 수 있다는 연구와 일치하고 있다. 혈당은 간과 말초조직에서의 포도당 공급량과 이용량의 균형으로 조절되고, 과다한 당분이 혈액 내에 존재하게 되면 인슐린 분비가 촉진되어지는데, 지속적인 신체활동의 수행은 인슐린 민감도를 상승시키며(Kartono, 2013), 운동기간의 증가는 공복시의 혈당수치를 감소시키는데 효과가 있다(Davey et al., 2010). Nascimento et al. (2014)은 어린이를 대상으로 유산소성운동을 실시한 결과 인슐린 저항성을 저하시키고 혈당을 감소시킨다고 보고하였으며, Olver & Laughlin(2016)은 저항성운동을 통하여 글루코스 수치가 감소하였지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다고 보고하였다. Kim et al. (2011)은 위약섭취 통제군과 비교하여 크롬섭취군에서 혈장 인슐린 농도가 유의하게 감소되어지는 것을 발견하였는데 이와 같이 크롬섭취와 더불어 지속적인 신체활동의 적용은 인슐린 반응성 조직에 포도당 수송이 요구되는 인슐린 작용을 상승시키는 것으로 사료되어진다. 이는 복합운동과 크롬섭취의 이중적 적용은 체지방률 감소

와 체지방량 증가 효과를 통하여 호르몬 및 당대사에 의미있는 변화를 야기한 것으로 보이며, 간접적으로 비만 및 대사증후군의 예방효과를 증명하는 결과로 생각되어진다.

본 연구의 제한점으로는 성장기에 있는 어린이들의 신장 및 체중증가를 보정하지 못한 점과 각 집단별로 8명의 피험자를 대상으로 중재한 실험연구로서 사실을 일반화하기에는 다소 한계적인 부분이 있기 때문에 향후의 연구에서는 연구대상자의 범위와 통제방법이 보완되어야 할 것으로 사료된다.

결론

본 연구의 결과에 의하면, 유산소성 운동 및 저항성 운동을 병행한 복합운동과 고크롬섭취군은 위약섭취군과 비교하여 체질량지수 및 체지방률의 감소와 근육량 증가 양상과 더불어 근력 및 근지구력을 향상시켰고, 글루코스과 인슐린 수치의 감소결과를 가져왔으며, 렙틴감소 및 그렐린 증가결과를 도출해내었다. 결론적으로, 비만초등학생을 대상으로 실시한 복합운동과 고크롬섭취의 이중적용은 신체조성의 효과적인 조절을 통하여 신진대사작용에 긍정적인 변화를 유도함으로써 당뇨위험요인을 개선시켰지만, 체력 및 식욕조절 호르몬에는 영향을 미치지 않았지만, 신체조성과 신진대사의 긍정적 효과를 확인하였다.

참고문헌

- Akbarpour, M. (2013). The effect of aerobic training on serum adiponectin and leptin levels and inflammatory markers of coronary heart disease in obese men. *Biology of Sports*, 30(1), 21-27.
- Alberga, A. S., Prud'homme, D., Kenny, G. P., Goldfield, G. S., Hadjiyannakis, S., Gougeon, R., Phillips, P., Malcolm, J., Wells, G., Doucette, S., Ma, J., & Sigal, R. J. (2015). Effects of aerobic and resistance training on abdominal fat, apolipoproteins and high-sensitivity C-reactive protein in adolescents with obesity: The HEARTY randomized clinical trial. *International Journal of Obesity*, 39(10):1494-1500.
- Areata, J. L., Burke, L. M., Camera, D. M., West, D. W., Crawshay, S., Moore, D. R., Stellingwerff, T., Phillips, S. M., Hawley, J. A., & Coffey, V. G. (2014). Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *American Journal of Physiology Endocrinology Metabolism*, 306(8), 989-997.
- Basaki, M., Saeb, M., Nazifi, S., & Shamsaei, H.A. (2012). Zinc, copper, iron, and chromium concentrations in young patients with type 2 diabetes mellitus. *Biology Trace Elementary Research*, 148(2), 161-164.
- Cefalu, W. T., Rood, J., Pinsonat, P., Qin, J., Sereda, O., Levitan, L., Anderson, R. A., Zhang, X. H., Martin, J. M., Martin, C. K., Wang, Z. Q., & Newcomer, B. (2010). Characterization of the metabolic and physiologic response to chromium supplementation in subjects with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*, 59(5), 755-762.
- Chen, Z., & Kenny P. J. (2015). Running on Empty: Leptin Signaling in VTA Regulates Reward from Physical Activity. *Cell Metabolism*, 22(4):540-1.
- Cho, M. J., Han, T. K., & Woo, S. K. (2015). Effect of a 12 week combined exercise program on physical examination blood test and body composition in middle aged women. *Korea Sport Society*, 13(4), 539-548.
- Choi, M. J., Kim, Y. A., Shin, E. J., Do, S. K., & Song, W. (2014). The synergy effect of weight bearing circuit training and aloe QDM complex on obese middle aged women: A randomized double blind controlled trial. *Korean Journal of Health Promotion*, 14(2), 59-66.
- Dalskov, S. M., Ritz, C., Larnkjær, A., Damsgaard,

- C. T., Petersen, R. A., Sørensen, L. B., Ong, K. K., Astrup, A., Mølgaard, C., & Michaelsen, K. F. (2015). The role of leptin and other hormones related to bone metabolism and appetite regulation as determinants of gain in body fat and fat-free mass in 8-11-year-old children. *Journal of Clinical Endocrinology Metabolism*, *100*(3), 1196-1205.
- Davey, R. J., Jones, T. W., & Fournier, P. A. (2010). Effect of short-term use of a continuous glucose monitoring system with a real-time glucose display and a low glucose alarm on incidence and duration of hypoglycemia in a home setting in type 1 diabetes mellitus. *Journal of Diabetes Science Technology*, *4*(6), 1457-1464.
- Douglas, J. A., King, J. A., McFarlane, E., Baker, L., Bradley, C., Crouch, N., Hill, D., & Stensel, D. J. (2015). Appetite, appetite hormone and energy intake responses to two consecutive days of aerobic exercise in healthy young men. *Appetite*, *92*, 57-65.
- Ganguly, R., Sahu, S., Chavez, R. J., & Raman, P. (2015). Trivalent chromium inhibits TSP-1 expression, proliferation, and O-GlcNAc signaling in vascular smooth muscle cells in response to high glucose in vitro. *American Journal of Physiology. Cell Physiology*, *308*(2), C111-122.
- Glynn, E. L., Piner, L. W., Huffman, K. M., Slentz, C. A., Elliot-Penry, L., AbouAssi, H., White, P. J., Bain, J. R., Muehlbauer, M. J., Ilkayeva, O. R., Stevens, R. D., Porter Starr, K. N., Bales, C. W., Volpi, E., Brosnan, M. J., Trimmer, J. K., Rolph, T. P., Newgard, C. B., & Kraus, W. E. (2015). Impact of combined resistance and aerobic exercise training on branched-chain amino acid turnover, glycine metabolism and insulin sensitivity in overweight humans. *Diabetologia*, *58*(10), 2324-2335.
- Goldfield, G. S., Kenny, G. P., Alberga, A. S., Prud'homme, D., Hadjiyannakis, S., Gougeon, R., Phillips, P., Tulloch, H., Malcolm, J., Doucette, S., Wells, G. A., Ma, J., Cameron, J. D., & Sigal, R. J. (2015). Effects of aerobic training, resistance training, or both on psychological health in adolescents with obesity: The HEARTY randomized controlled trial. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *83*(6), 1123-1135.
- Habibian, M., Ghazi, S., & Moeini, M. M. (2013). Lack of effect of dietary chromium supplementation on growth performance and serum insulin, glucose, and lipoprotein levels in broilers reared under heat stress condition. *Biological Trace Element Research*, *153*(1-3), 1205-1211.
- Harris, R. B. (2014). Direct and indirect effects of leptin on adipocyte metabolism. *Biochimica et Biophysica Acta*, *1842*(3), 414-23.
- Hua, Y., Clark, S., Ren, J., & Sreejayan, N. (2012). Molecular mechanisms of chromium in alleviating insulin resistance. *Journal of Nutrition and Biochemistry*, *23*(4), 313-319.
- Jeon, J. Y., Han, J., Kim, H. J., Park, M. S., Seo, D. Y., & Kwak, Y. S. (2015). The combined effects of physical exercise training and detraining on adiponectin in overweight and obese children. *Integrative Medicine Research*, *2*(4), 145-150.
- Kachouri, H., Borji, R., Baccouch, R., Laatar, R., Rebai, H., & Sahli, S. (2016). The effect of a combined strength and proprioceptive training on muscle strength and postural balance in boys with intellectual disability: An exploratory study. *Research in Development Disability*, *54*, 367-376.
- Karagun, B. S., Temiz, F., Ozer, G., Yuksel, B., Topaloglu, A. K., Mungan, N. O., Mazman, M., & Karagun, G. M. (2010). Chromium levels in healthy and newly diagnosed type 1 diabetic children. *Pediatrics International*, *54*(6), 780-785.
- Kartono, A. (2013). Modified minimal model for

- effect of physical exercise on insulin sensitivity and glucose effectiveness in type 2 diabetes and healthy human. *Theory of Bioscience*, 132(3), 195-206.
- Kim, C. W., Kim, B. T., Park, K. H., Kim, K. M., Lee, D. J., Yang, S. W., & Joo, N. S. (2011). Effects of short-term chromium supplementation on insulin sensitivity and body composition in overweight children: Randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Journal of Nutrition and Biochemistry*, 22(11), 1030-1034.
- Kim, D. I., Min, J. H., Choi, D. S., Lee, H. D., Won, Y. S., & Jeon, Y. K. (2013). Effects of 6 weeks resistance exercise and combined exercise using outdoor exercise equipment on body composition, fitness and metabolic syndrome in elderly women. *The Korean Society of Living Environmental System*, 20(3), 309-317.
- Kim, K. T. (2012). Effects of Kumdo practice and combined strength exercise program on health related physical fitness and metabolic syndrome in elementary school students. *The Korean Society of Elementary Physical Education*, 18(1), 115-125.
- Kim, K. T., & Kim, Y. K. (2013). The effect of walking exercise on the change of body composition and blood leptin in obese high school girls. *The Korean Society of Sports Science*, 22(2), 1209-1215.
- Kim, Y. Y., Im, S., Choi, S. M., & Lee, M. K. (2012). Effects of 12 weeks of aerobic and resistance training on abdominal fat, physical fitness, adipokines, and inflammatory markers in female elderly patients with type 2 diabetes. *Korean Journal of Sport Science*, 23(3), 489-501.
- Lee, D. H., Lee, S. H., An, K. Y., Moon, J. Y., Kim, S. H., Choi, Y. J., Nam, M. S., & Jeon, Y. K. (2011). Effects of 6 weeks of lifestyle modification including combined exercise program on the risk of metabolic parameters and macrovascular complications in type 2 diabetic patients. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*, 20(3), 147-159.
- Lewicki, S., Zdanowski, R., Krzyżowska, M., Lewicka, A., Dębski, B., Niemcewicz, M., & Goniewicz, M. (2014). The role of Chromium III in the organism and its possible use in diabetes and obesity treatment. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 21(2), 331-335.
- Lopes, A. L., T Fayh, A. P., de Souza Campos, L. G., Teixeira, B. C., Kreismann Carteri, R. B., Ribeiro, J. L., Friedman, R., & Reischak-Oliveira, A. (2013). The effects of diet- and diet plus exercise-induced weight loss on basal metabolic rate and acylated ghrelin in grade 1 obese subjects. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 6, 469-475.
- Mason, C., Xiao, L., Imayama, I., Duggan, C. R., Campbell, K. L., Kong, A., Wang, C. Y., Alfano, C. M., Blackburn, G. L., Foster-Schubert, K. E., & McTiernan, A. (2015). The effects of separate and combined dietary weight loss and exercise on fasting ghrelin concentrations in overweight and obese women: A randomized controlled trial. *Clinical Endocrinology*, 82(3), 369-376.
- Nascimento, H., Costa, E., Rocha, S., Lucena, C., Rocha-Pereira, P., Rêgo, C., Mansilha, H. F., Quintanilha, A., Aires, L., Mota, J., Santos-Silva, A., & Belo, L. (2014). Adiponectin and markers of metabolic syndrome in obese children and adolescents: Impact of 8-mo regular physical exercise program. *Pediatrics Research*, 76(2), 159-165.
- Navti, L. K., Samani-Radia, D., David, McCarthy, H. (2014). Children's body fatness and prevalence of obesity in relation to height for age. *Annals of Human Biology*, 41(1), 84-90.
- Olver, T.D. & Laughlin, M. H. (2016). Endurance, interval sprint, and resistance exercise training:

- Impact on microvascular dysfunction in type 2 diabetes. *American Journal of Physiology. Heart Circulatory Physiology*, 310(3), H337-350.
- Onakpoya, I., Posadzki, P., & Ernst, E. (2013). Chromium supplementation in overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Obesity Review*, 4(6), 496-507.
- Ozcelik, O., Ozkan, Y., Algul, S., & Colak, R. (2015). Beneficial effects of training at the anaerobic threshold in addition to pharmacotherapy on weight loss, body composition, and exercise performance in women with obesity. *Patient Prefer Adherence*, 13(9), 999-1004.
- Park, H. S., & Kang, Y. H. (2004). The role of trivalent chromium as a supplement. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 33(4), 762-768.
- Prado, W. L., Lofrano-Prado, M. C., Oyama, L. M., Cardel, M., Gomes, P. P., Andrade, M. L., Freitas, C. R., Balagopal, P., & Hill, J. O. (2015). Effect of a 12-week low vs. high intensity aerobic exercise training on appetite-regulating hormones in obese Adolescents: A randomized exercise intervention study. *Pediatrics Exercise and Science*, 27(4), 510-517.
- Racil, G., Zouhal, H., Elmontassar, W., Ben Abderrahmane, A., De Sousa, M. V., Chamari, K., Amri, M., & Coquart, J. B. (2016). Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 41(1), 103-109.
- Rueggsegger, G. N., & Booth, F. W. (2017). Running from disease: Molecular mechanisms associating dopamine and leptin signaling in the brain with physical inactivity, obesity, and type 2 diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 8, 109. doi: 10.3389/fendo.2017.00109.
- Sato, T., Ida, T., Nakamura, Y., Shiimura, Y., Kangawa, K., & Kojima, M. (2014). Physiological roles of ghrelin on obesity. *Obesity Research and Clinical Practice*, 8(5), e405-413.
- Sousa, N., Mendes, R., Abrantes, C., Sampaio, J., & Oliveira, J. (2013). Long-term effects of aerobic training versus combined aerobic and resistance training in modifying cardiovascular disease risk factors in healthy elderly men. *Geriatrics and Gerontology International*, 13(4), 928-935.
- Volek, J. S., Silvestre, R., Kirwan, J. P., Sharman, M. J., Judelson, D. A., Spiering, B. A., Vingren, J. L., Maresh, C. M., Vanheest, J. L., & Kraemer, W. J. (2006). Effects of chromium supplementation on glycogen synthesis after high-intensity exercise. *Medical Science and Sports Exercise*, 38(12), 2102-2109.
- Wysocka, E., Cymerys, M., Mielcarz, G., Bryl, W., Dzięgielewska, S., & Torliński, L. (2011). The way of serum chromium utilization may contribute to cardiovascular risk factors in centrally obese persons. *Archives of Medical Science*, 7(2), 257-263.
- Yuan, K., Vargas-Rodriguez, C. F., Mamedova, L. K., Muckey, M. B., Vaughn, M. A., Burnett, D. D., Gonzalez, J. M., Titgemeyer, E. C., Griswold, K. E., & Bradford, B. J. (2014). Effects of supplemental chromium propionate and rumen-protected amino acids on nutrient metabolism, neutrophil activation, and adipocyte size in dairy cows during peak lactation. *Journal Dairy Science*, 97(6), 3822-3831.

크롬섭취 수준에 따른 복합운동프로그램 참여가 비만초등학생의 신체조성, 체력, 식욕조절 호르몬 및 당뇨위험요인에 미치는 영향

김경태(국민대학교)

【목적】 본 연구의 목적은 크롬섭취 수준에 따른 복합운동프로그램 참여가 비만초등학생의 신체조성, 체력, 식욕조절 호르몬 및 당뇨위험요인에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하는데 있다. **【방법】** 본 연구의 참여대상자는 체질량지수가 25 kg/m² 이상인 초등학교 남학생 32명을 선정하였으며, 복합운동 및 고크롬섭취군(CE+HC) 8명, 복합운동 및 저크롬섭취군 8명(CE+LC), 복합운동 및 위약섭취군 8명(CE+PL), 위약섭취군(PL) 8명으로 구성하여 실험을 수행하였다. 본 실험에서 사용한 복합운동프로그램은 유산소성운동과 저항성운동을 혼합, 구성하여 12주간의 과정으로 수행시켰고, 모든 피험자는 주 3회, 매 70분간 실시하였다. 준비운동과 정리운동은 각 10분, 본 운동으로서 자전거 에르고미터, 트레드밀, 암에르고미터를 이용한 유산소성운동과 웨이트트레이닝과 탄성밴드운동으로 구성된 저항성운동은 50분간 실시하였다. 연구자는 모든 참여 대상자에게 정제된 크롬약과 위약을 매일 일정한 시간에 동일한 장소에서 섭취시켰고, 저크롬섭취군과 고크롬섭취군은 매일 각각 50ug, 400ug의 크롬정제를 섭취한 후, 체중, 체질량지수, 체지방률, 근육량, 근력, 근지구력, 유연성, 렙틴, 그렐린, 글루코스, 인슐린을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. **【결과】** CE+HC그룹은 CE+PL그룹과 비교하여 체지방률의 유의한 감소결과를 나타내었고($p < .05$), 근육량의 증가 현상을 나타내었지만($p < .05$), 체중, 체질량지수, 근력, 근지구력, 유연성에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). 식욕조절 호르몬의 하위요인인 렙틴은 CE+HC그룹에서 CE+PL그룹 및 PL그룹과 비교하여 유의한 감소결과를 나타내었지만($p < .05$), 그렐린은 차이가 없었으며($p > .05$), 당뇨위험요인에서, CE+HC그룹은 CE+PL 및 PL그룹과 비교하여 글루코스 및 인슐린의 유의한 감소결과를 나타내었다($p < .05$). **【결론】** 결론적으로, 비만초등학생을 대상으로 실시한 복합운동과 고크롬섭취의 이중적용은 신체조성의 효과적인 조절을 통하여 신진대사작용에 긍정적인 변화를 유도함으로써 당뇨위험요인을 개선시켰지만, 체력 및 식욕조절 호르몬에는 영향을 미치지 않았다.

주요어: 복합운동, 비만, 체지방률, 근육량, 렙틴, 글루코스, 인슐린