

복부지방축적에 따른 남자 비만청소년의 골밀도, 아디포사이토카인과 골대사지표의 관계

정현철 · 송종국* (경희대학교)

이 연구의 목적은 복부지방 축적에 따른 남자 비만청소년의 골밀도, 아디포사이토카인 및 골대사지표의 관계를 규명하는 것이다. 연구대상자는 12~14세 남자 청소년으로 총 24명(비만청소년:12명, 일반청소년:12명)이었다. 신장과 체중을 측정하였고, TW3 방법을 적용하여 뼈나이를 산출하였다. 신체구성과 골밀도 4부위는 DXA(Hologic, QDR-4500W, USA)를 이용하여 분석하였다. 복부지방조직은 CT(ECLOS, Hitachi, Japan)를 이용하여 요추 4~5번 사이를 10 mm 간격으로 촬영하였으며, 총 복부지방조직(TAT), 내장지방조직(VAT), 피하지방조직(SAT), 그리고 내장지방 대 피하지방조직비(VSR)를 산출하였다. 아디포사이토카인으로 렙틴(leptin)과 아디포넥틴(adiponectin)을 분석하였고, 골대사지표는 골형성지표인 osteocalcin(OC)과 bone-specific alkaline phosphatase(BALP), 그리고 골흡수지표인 C-terminal telopeptide(CTX), N-terminal telopeptide(NTx)를 분석하였다. 복부지방 축적에 따른 그룹 간 차이를 규명하기 위하여 독립 t-검증을 적용하였고, 피어슨 상관관계수를 이용하여 종속변인들 간의 관계를 분석하였다. 또한, 다중회귀분석을 통하여 복부지방조직과 골밀도의 관계를 분석하였다. 연구 결과 비만청소년은 일반청소년보다 지방조직($p < .001$), 체지방률($p < .001$), 총 복부지방조직($p < .001$), 내장지방조직($p < .001$)과 피하지방조직($p < .001$)이 높게 나타났으나, 골무기질량($p < .01$)은 일반청소년이 유의하게 높게 나타났다. 전신골밀도($p < .001$)와 요추골밀도($p < .01$)는 일반청소년이 비만청소년보다 유의하게 높게 나타났으나, 대퇴골밀도와 전완골밀도에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 복부지방조직은 전신골밀도, 요추골밀도와 부적상관을 보였으며, 렙틴은 골밀도와 부적상관을 보인 반면, 아디포넥틴은 골밀도와 정적상관을 보였다. 골흡수지표인 NTx는 복부지방조직과 정적상관을 보였다. 또한 내장지방조직은 전신골밀도와 요추골밀도의 부정적인 예견인자로 나타났다. 결론적으로 남자 비만청소년은 일반청소년에 비해 낮은 전신골밀도와 요추골밀도를 보였으며, 총 복부지방조직, 내장지방조직, 및 피하지방조직과 부적상관을 보였다. 또한 렙틴과 아디포넥틴은 골밀도와 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났으며, 내장지방조직은 청소년의 전신골밀도와 요추골밀도를 설명하는 부정적인 예견인자로 나타났다. 추후 연구에서는 비만청소년들의 복부지방축적의 패턴을 규명하고, 운동을 통한 복부지방조직과 골대사지표의 변화를 살펴보기 위한 후속연구가 필요할 것으로 사료된다.

주요어: 비만청소년, 복부지방, 아디포사이토카인, 골밀도, 골대사지표,

논문 투고일: 2014. 03. 07.

논문 수정일: 2014. 04. 23.

게재 확정일: 2014. 05. 16.

* 저자 연락처: 송종국(jksong@khu.ac.kr).

* 이 논문은 2013년도 국민체육진흥공단 체육과학연구원의 학술연구지원사업비에 의하여 연구되었음(KISS-13-A05005).

서론

세계보건기구(World Health Organization)에 따르면, 전 세계 약 12억 명이 과체중에 해당되고, 그 중 25%가 청소년 비만에 속하며, 매년 3%씩 청소년 비만율이 증가한다고 보고하여 사회적 문제의 심각성이 고조되고 있다(WHO, 2009).

초과지방축적으로 야기되는 비만 상태는 생애 주기에 따라 지방의 재분배가 발생한다. 일반적으로 아동기와 청소년기에는 대부분의 지방량이 피하지방에 분포해 있는 반면 연령이 증가함에 따라 복부지방과 내장지방의 축적 비율이 높아지게 된다(Cartwright et al., 2007). 그러나 최근에는 청소년의 복부지방이 증가하는 것으로 보고되고 있다. Mindell et al. (2012)은 지난 20년 동안 영국 청소년의 허리둘레(WC)의 증가율이 신체질량지수(BMI)의 증가율보다 높게 나타났으며, Chrzanowska et al. (2012)는 7세 복부지방형 비만 아동을 대상으로 15세까지 종단연구를 실시한 결과 복부지방형 비만 아동은 15세가 되어도 계속 비만자로 남아 있을 뿐만 아니라 성인이 되어서도 비만으로 이어질 확률이 높다고 보고하였다. 또한, 복부지방의 축적은 대사질환, 심장관련 질환과 높은 정적상관을 보여 아동 및 청소년기의 복부지방 축적을 주의해야 한다.

최근 지방과 골밀도의 연구가 광범위하게 진행됨으로써 지방이 골밀도에 미치는 영향이 생애 주기와 지방의 축적 부위에 따라 다르게 나타난다고 제시되고 있다(Dimitri et al., 2012; Gilsanz et al., 2009; Janicka et al., 2007; Viljakainen et al., 2011). Dimitri et al. (2012)은 아동기의 비만은 뼈질량을 증가시키지만, 청소년기의 지방은 뼈의 코티칼(cortical) 부위를 증가시켜 골절위험을 높이고 골밀도에 부정적인 영향을 준다고 보고하였다. 그러나 성인기에는 체중부하로 인한 골밀도의 증가와 낮은 골교체율(bone turnover rate)로 인하여, 골소실이 적게 나타나지만, 노인기에 접어들면서 지방은 뼈의 코티칼 비율을 증가시켜 골절과 골다공증 발병에 영향을 미친다고 보고하였다. 특히 청소년기는 뼈가 급성장하는 시기로 적절한 지방조직은 성장호르몬, insulin-like growth factor-1(IGF-1), 에스트로젠 등의 성장관련 호르몬 분비에 필수요소이지만, 초과 지방 축적(excessive fat tissue)은 성장관련 호르몬의 분비를 방해하고(Roa et al., 2010), 골절위험

을 높인다(Clark et al., 2006). 그러나 같은 연령이라 할지라도 비만아동은 일반아동에 비해 성숙이 빠르며(Shalitin & Phillip, 2003), 호르몬분비의 증가는 골격의 발달을 가져오기 때문에 골절위험의 증가가 내분비 이상 때문인지, 혹은 과체중으로 인하여 뼈에 가해지는 부하가 높아 발생했는지를 규명하고 청소년기 복부지방 축적과 골밀도의 관계를 분석하기 위한 연구가 필요한 실정이다.

지방조직은 호르몬을 분비하는 독립적인 내분비 기관으로 렙틴(leptin) 호르몬 이외 아디포넥틴(adiponectin), TNF- α (tumor necrosis factor alpha), IL-6 (Interukine 6), 그리고 레지스틴(resistin) 등과 같은 아디포사이토카인(adipocytokine)을 분비하며 인체의 신진대사에 관여한다(Ahima & Flier, 2000, Zou, & Shao, 2008; Kadowaki et al., 2006).

지방세포(adipocyte)와 조골세포(osteoblast)는 multi potential mesenchymal stem cell에서 전구지방세포(pre-adipocyte)와 전구조골세포(pre-osteoblast)로 분화되고, 지방세포와 조골세포를 만들어낸다. 그러나 파골세포(osteoclast)와 대식세포(macrophage)는 hematopoietic stem cell에서 분화되며, 지방세포에서 분비되는 다양한 염증지표(TNF- α , IL-1, IL-6, adiponectin, leptin)는 receptor activator of nuclear factor- κ B ligand(RANKL)와 osteoprotegerin(OPG) 경로(pathway)를 거쳐 파골세포 신생과정(osteoclastogenesis)에 관여한다(Rosen & Buxsein, 2006). 건강한 여성의 혈중 렙틴농도는 OPG와 부적상관을 보이고, 파골세포의 신생과정을 활성화 시켜 골흡수를 높여주며(Tenta et al., 2010), 아디포넥틴은 조골세포의 증식(proliferation)과 분화(differentiation)에 직접적으로 관여한다(Luo et al., 2005). 또한 동물 실험에서도 아디포넥틴은 파골세포를 억제시키고 조골세포를 활성화 시킨다고 보고하였다(Williams et al., 2009; Oshima et al., 2005). 그러나 Yang et al. (2009)의 연구에서 BMI를 공변량으로 하였을 때 청소년 여자 무용수들의 혈중 렙틴은 골대사지표와 관련이 없다고 보고하여 성장기 청소년의 아디포사이토카인과 골대사의 관계에 대한 연구가 더욱 필요한 실정이다.

뼈는 대사적 활성조직으로 일생에 걸쳐 끊임없이 재형성된다. 골형성과 골흡수는 하루 동안에도 차이가 있지만 일반적으로 아침에 골대사 활성이 최고에 도달하며

늦은 오후에는 최저에 이른다(Dimitri et al., 2012). 청소년기의 골교체율의 생화학적 지표는 골대사관련 질환과 성장연구에 유용하게 사용되고 있다. 일반적으로 골교체율이 활발한 시기는 Tanner의 성적 성숙 2~3단계에서 가장 높게 나타나며, 남자는 여자에 비해 2.5세 늦게 나타난다(Szulc et al., 2000). 연령에 따라 골대사지표는 다르게 나타나며, 골연령은 가장 유력한 예견 인자이고 골연령이 높을수록 낮은 골교체율 수준을 보인다(Christo et al., 2008). 또한, 비만 어린이는 일반 어린이에 비해 골교체율이 높게 나타난다(Gajewska et al., 2013). 그러나 비만으로 인한 골교체율의 증가가 성장기 골무기질량의 증가에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 복부지방 축적에 따른 남자 비만청소년의 골밀도, 아디포사이토카인, 및 골대사지표의 관계를 규명하는 것이다.

연구 방법

연구대상자

이 연구대상자는 경기도에 소재한 중학교 12~14세로, Dual X-ray Absorptiometry(Hologic, QDR-4500W, USA)로 측정하여 체지방률이 30% 이상인 비만청소년 12명과 일반청소년 12명으로 총 24명이 참가하였다. 모든 대상자는 문진 검사를 통하여 6개월 이전부터 질병이 없거나 특별한 약물을 복용한 병력이 없으며, 연구기간동안 골절 상해를 입지 않은 대상으로 하였다. 선생님, 학부모 및 대상자들에게 연구의 목적과 방법을 충분히 설명하고, 자발적 동의를 획득한 후 연구를 진행 하였다. 연구 대상자들의 생물학적 성숙의 차이를 최소화하기 위하여 TW3 방법(Tanner et al., 2001)

표 1. Anthropometry and skeletal maturity of subjects

	Obese	Normal
Chronological age (yrs)	13.9±0.9	14.5±0.5
Bone age (yrs)	15.1±0.6	15.7±0.8
Body height (cm)	171.2±6.8	174.3±7.3
Body weight (kg)	85.1±9.7	66.9±10.5

Values are mean±SD

을 이용하여 골격성숙도를 평가하였으며, 대상자의 신체적 특성은 <표 1>에 제시된 바와 같다.

측정 방법

측정 전 대상자들에게 측정항목과 방법에 대하여 충분한 설명을 하였고, 모든 검사는 K대학 해부생리실험실과 학교 인근에 위치한 W병원에서 이루어졌다. 신장은 표준 신장계(T.K.K. Takei Scientific Ins Co., Japan)를 이용하였고, 체중은 표준 체중계(Seca, Co, USA)를 이용하여 측정하였다. 골격성숙도는 대상자의 왼손목을 X-ray로 촬영한 후 CORUS(Y.C Growth Well Co., Korea), TW3 방법(Tanner et al., 2001)을 이용하여 RUS(radius-ulna -short bones) 점수를 평가하고, 뼈나이를 산출하였다.

신체구성과 골밀도 4부위(전신, 요추, 대퇴, 전완)는 Dual X-ray Absorptiometry(Hologic, QDR-4500W, USA)를 이용하여 측정하였다. 복부지방은 Computed Tomography(ECLoS, Hitachi, Japan)를 이용하였으며, 측정 전 모든 대상자는 몸에 금속물질을 제거하고 가벼운 복장으로 촬영에 임하였다. 측정부위는 요추 4~5번 사이를 10 mm 두께로 촬영하였다. 측정변인으로 총 복부지방조직(total adipose tissue: TAT), 내장 지방조직(visceral adipose tissue: VAT), 피하지방 조직(subcutaneous adipose tissue: SAT), 그리고 내장지방조직 대 피하지방조직비(VAT/SAT: VSR)를 산출하였다. 아디포사이토카인과 골 대사지표분석을 위하여 모든 대상자는 혈액검사 전날 밤 9시 이후부터 공복상태를 유지하였으며, 당일 오전 8시에 연구대상자의 상완 주정맥에서 1회용 주사기를 이용하여 10ml를 채혈하였다. 수집된 혈액은 3000 rpm에서 15분간 원심 분리한 후 혈청만을 뽑아 혈청 분리관에 넣고 분석 전까지 -80 °C로 냉동 보관하였다. 분리된 혈청을 용인시 G 임상검사센터에 의뢰하여 분석하였다. 랩틴과 아디포넥틴은 전기화학발광면역측정법(ECLIA)을 사용하였으며, 분석장비는 Mutiskan EX(Thermo, China)였다. 골형성지표인 OC는 화학발광면역측정법(CLIA)을 사용하였으며, immulite 2000 Osteocalcin(USA)를 이용하여 분석하였다. 골형성지표인 BALP와 골흡수지표인 CTx, NTx는 전기화학발광면역측정법(ECLIA)을 이용하고 Mutiskan Ex(Thermo, China)를 사용하여 분석하였다.

자료 처리 방법

수집된 자료는 SAS software version 9.2(SAS Institute, Cary, NC) 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차 또는 표준 오차를 산출하였다. 집단 간 차이를 검증하기 위하여 독립 t-검증을 실시하였으며, 복부지방 축적에 따른 아디포사이트 카인과 골밀도 및 골대사지표의 관계를 살펴보기 위하여 피어슨 적률상관계수(pearson correlation analysis)를 이용하였다. 또한, 복부지방 조직과 골밀도의 관련요인을 분석하기 위하여, 다중회기 분석(multiple regression analysis)을 실시하였으며, 통계적 유의수준은 .05로 하였다.

연구 결과

신체구성과 복부지방조직

비만청소년과 일반청소년의 신체구성과 복부 지방조직의 차이를 비교 분석한 결과는 <표 2>에 제시된 바와 같다. 지방조직, 체지방률, 총 복부지방조직, 내장지방 조직과 피하지방조직은 비만청소년이 일반청소년에 비해 유의하게 높았다($p < .001$). 골무기질량의 경우 일반 청소년이 비만청소년보다 유의하게 높게 나타났다($p < .05$). 그러나 체지방 조직은 두 그룹간 유의한 차이를 나타내지 않았다.

표 2. Body composition and abdominal fat in obese male adolescents

	Obese	Normal	t-value
Fat tissue (kg)	29.4±3.5	11.0±5.4	9.95***
Lean tissue (kg)	51.2±8.2	52.1±7.3	0.06
BMC (kg)	2.2±0.3	2.5±0.3	2.58*
%BF (%)	35.3±4.3	17.0±5.5	9.07***
TAT (cm ²)	341.4±41.6	112.6±75.9	9.16***
VAT (cm ²)	46.2±12.6	14.2±12.8	6.17***
SAT (cm ²)	295.3±38.9	98.5±64.8	9.02
VSR (cm ²)	0.16±0.1	0.15±0.1	0.28

Values are mean±SD

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

BMC: bone mineral contents, %BF: percent body fat, TAT: total adipose tissue, VAT: visceral adipose tissue, SAT: subcutaneous adipose tissue, VAR: VAT/SAT

골밀도

비만청소년과 일반청소년의 골밀도 차이를 비교 분석한 결과는 <표 3>에 제시된 바와 같다. 전신 골밀도($p < .001$)와 요추골밀도($p < .01$)에서는 일반청소년이 비만청소년보다 유의하게 높게 나타났다. 그러나 대퇴골밀도와 전완골밀도에서는 두 그룹간 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 3. Bone mineral density in obese male adolescents

	Obese	Normal	t-value
WBMD (g/cm ²)	1.02±0.05	1.13±0.05	4.90***
LBMD (g/cm ²)	0.86±0.06	0.95±0.08	2.88**
FBMD (g/cm ²)	0.94±0.09	1.02±0.10	1.98
FABMD (g/cm ²)	0.48±0.05	0.51±0.04	1.77

Values are mean±SD

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

WBMD: whole body bone mineral density, LBMD: lumbar bone mineral density, FBMD: femur bone mineral density, FABMD: forearm bone mineral density

아디포사이토카인과 골대사지표

비만청소년과 일반청소년의 아디포사이토카인과 골대사지표의 차이를 비교 분석한 결과는 <표 4>에 제시된 바와 같다. 혈중 렙틴은 비만청소년이 일반청소년보다 유의하게 높게 나타났다($p < .001$). 그러나 아디포넥틴은 두 그룹간 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 일반청소년에게서 높은 경향을 보였다. 골형성지표인 osteocalcin, BALP와 골흡수지표인 CTx는 두 그룹간 유의한 차이가

표 4. Adipocytokine and bone turnover markers in obese adolescents

	Obese	Normal	t-value
Leptin (ng/ml)	32.1±16.5	6.7±5.3	4.81***
Adiponectin (mg/L)	5.0±1.6	6.5±3.9	1.88
OC (ng/mL)	94.1±42.1	74.3±32.7	1.28
BALP (ug/L)	74.3±24.6	61.3±22.8	1.83
CTx (ng/ml)	1.8±0.6	1.6±0.6	1.39
NTx (n/M)	53.1±2.0	43.2±10.3	2.56*

Values are mean±SE

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

OC: osteocalcin, BALP: bone-specific alkaline phosphatase, CTx: C-terminal telopeptide, NTx: N-terminal telopeptide

표 5. Relationship between abdominal fat, adipocytokines, bone mineral density, and bone turnover markers in adolescents.

	TAT (cm ²)	VAT (cm ²)	SAT (cm ²)	VSR (cm ²)	Leptin (ng/ml)	Adiponectin (mg/L)
WBMD (g/cm ²)	-0.66***	-0.68***	-0.64***	-0.20	-0.76***	0.43*
LBMD (g/cm ²)	-0.46*	-0.56**	-0.43*	-0.30	-0.62**	0.56**
FBMD (g/cm ²)	-0.32	-0.35	-0.31	-0.31	-0.48*	0.31
FABMD (g/cm ²)	-0.31	-0.44*	-0.27	-0.48	-0.57**	0.45*
OC (ng/ml)	0.09	0.09	0.09	0.16	0.18	-0.24
BALP (ug/L)	0.39	0.49*	0.37	0.32	0.55**	-0.24
CTx (ng/ml)	0.20	0.21	0.19	0.25	0.17	-0.31
NTx (n/M)	0.44*	0.47*	0.43*	0.31	0.56**	-0.40

Values are mean±SD

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

WBMD: whole body bone mineral density, LBMD: lumbar bone mineral density, FBMD: femur bone mineral density, FABMD: forearm bone mineral density, OC: osteocalcin, BALP: bone-specific alkaline phosphatase, CTx: C-terminal telopeptide, NTx: N-terminal telopeptide, TAT: total adipose tissue, VAT: visceral adipose tissue, SAT: subcutaneous adipose tissue, VSR: VAT/SAT

나타나지 않았다. 그러나, 골흡수지표인 NTx는 비만 청소년이 일반청소년보다 유의하게 높게 나타났다($p < .05$).

복부지방조직, 아디포사이토카인과 골밀도 및 골대사지표와의 관계

비만청소년의 복부지방 관련변인과 골밀도 및 골대사지표와의 관계를 분석한 결과는 <표 5>에 제시된 바와 같다. 총 복부지방조직을 포함한 내장지방조직, 피하지방조직은 전신골밀도, 요추골밀도와 유의한 부적상관을 보였으며, 내장지방조직은 전완골밀도와도 부적 상관을 보였다. 혈중 렙틴은 전신골밀도($p < .001$), 요추골밀도($p < .01$), 대퇴골밀도($p < .05$), 및 전완골밀도($p < .01$)와 부적 상관을 보였다. 아디포넥틴은 전신골밀도($p < .05$), 요추골밀도($p < .01$), 및 전완골밀도($p < .05$)와 정적상관을 보였다. 골형성지표인 BALP는 내장지방조직($p < .05$), 렙틴($p < .01$)과 유의한 정적 상관을 보였으며, 골흡수지표인 NTx는 총 복부지방조직($p < .05$), 내장지방조직($p < .05$), 피하지방조직($p < .05$) 및 렙틴($p < .01$)과 유의한 정적상관을 보였다.

복부지방조직과 골밀도의 관련 요인

골밀도에 영향을 미치는 복부지방조직의 예견인자를 분석하기 위해 다중회귀분석을 실행한 결과는 <표 6>에 제시된 바와 같다. 전체 대상자의 내장지방조직은 전신

골밀도 46%와 요추골밀도 32%로 유의한 설명력을 보였다. 그러나 대퇴골밀도와, 전완골밀도에서는 유의한 설명력이 나타나지 않았다. 비만 청소년대상자의 경우 내장지방조직과 피하지방조직 모두 전완골밀도에서 유의한 설명력을 보였다. 내장지방조직은 비만청소년의 전완골밀도의 예견인자로서 5%의 설명력을 보였다. 그러나 전신골밀도, 요추골밀도, 대퇴골밀도와는 유의한 설명력이 나타나지 않았다.

논 의

이 연구의 목적은 복부지방의 축적에 따른 남자 비만 청소년의 골밀도, 아디포사이토카인 및 골대사지표의 관계를 규명하기 위해 실시되었다.

본 연구에서 비만청소년은 일반청소년보다 체지방조직과 골무기질량을 제외한, 지방조직, 체지방률, 총 복부지방조직, 내장지방조직, 및 피하지방조직에서 유의하게 높게 나타났다. 생애주기 동안 지방의 재분배는 성별에 따라 서로 다른 특징을 보인다. 남자의 경우 연령이 증가 할수록 복부지방의 축적비율이 높아지며, 내장지방의 축적이 증가하게 된다(Cartwright et al., 2007; Matsushita et al., 2012). 그러나 최근 비만 청소년에게서도 복부지방의 축적이 급격히 증가하고 있다. 신체활동 감소와 영양섭취 불균형은 청소년 비만의

표 6. Inverse predictor of Visceral adipose tissue for bone mineral density in adolescents.

	Parameter	Parameter estimate	F ratio	<i>p</i>	R ²
WBMD (g/cm ²)					
obese	Intercept	1.097			
	VAT	-0.002	1.84	0.204	0.16
All subject	Intercept	1.149			
	VAT	-0.002	18.88	0.003	0.46
LBMD (g/cm ²)					
Obese	Intercept	0.970			
	VAT	-0.002	2.68	0.132	0.21
All subject	Intercept	0.974			
	VAT	-0.002	10.16	0.004	0.32
FBMD (g/cm ²)					
Obese	Intercept	1.022			
	VAT	-0.002	0.63	0.447	0.59
All subject	Intercept	1.033			
	VAT	-0.002	3.16	0.089	0.13
FABMD (g/cm ²)					
Obese	Intercept	0.488			
	VAT	-0.004	8.49	0.02	0.05
All subject	Intercept	1.033			
	VAT	-0.002	3.16	0.089	0.13

WBMD: whole body bone mineral density, LBMD: lumbar bone mineral density, FBMD: femur bone mineral density, FABMD: forearm bone mineral density, VAT: visceral adipose tissue

주된 요인이며, Wang et al. (2012)는 하루 평균 1.5 시간 이상 TV시청하는 비만청소년이 통제집단에 비해 허리둘레(WC)가 1.02cm, 허리엉덩이비율(WHR)이 0.6 % 높게 나타났다고 보고하였다. 따라서 추후 연구에서는 비만청소년의 신체활동을 증가시키기 위한 다양한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

체중은 골밀도의 중요한 예견인자로서(Reid, 2002), 과체중 또는 비만은 기계적 부하 증가로 인한 골형성을 자극하며, 지방조직에 의한 성장호르몬 분비의 증가는 파골세포에 의한 골흡수를 막아줘 뼈에 긍정적인 역할을 한다고 인식되어져 왔다. 그러나 본 연구에서는 일반청소년이 비만청소년보다 전신골밀도와 요추골밀도가 유의하게 높게 나타났다. 최근 Jackowski et al. (2013)은 청소년기의 제지방조직이 성인기의 골무기질량을 결정짓고 견고한 골격구조를 만드는데 긍정적인 영향을 준

다고 보고하였다. 이 연구에서 비만 청소년이 체중이 높음에도 불구하고 일반청소년보다 낮은 골밀도를 보인 것은 초과지방조직이 뼈에 긍정적인 역할을 주지 않은 것으로 사료된다. 그러나, Maggio et al. (2014)의 연구에서는 일반청소년이 비타민 D와 신체활동이 높음에도 불구하고 비만청소년보다 낮은 골밀도를 보였으며, 혈중 렙틴이 골밀도와 정적상관이 있다고 보고하여, 추후 연구에서는 청소년기 골밀도에 대한 지방과 제지방의 역할을 복합적으로 규명해 볼 필요가 있다고 사료된다.

이 연구에서 내장지방조직과 피하지방조직을 포함한 총 복부지방조직은 전신골밀도, 요추골밀도와 부적상관을 보였다. 최근 Dimitri et al. (2011)은 지방은 생애 주기와 지방의 재분배에 따라 골밀도에 다르게 영향을 미친다고 보고하였으며, 청소년기와 노년기의 비만은 골질의 확률을 증가시키며, 골밀도에 부정적인 영향을 미

친다고 보고하였다. 또한 Rocher et al. (2008)는 체중을 공변량으로 하였을 때, 비만 아동은 일반아동보다 낮은 골밀도를 보이며, Coulding et al. (2005)은 비만 여자청소년이 일반 청소년에 비해 골절확률이 2배 이상 높게 나타나 본 연구를 뒷받침하고 있다. 또한 지방조직보다 제지방조직이 골밀도와 더 높은 정적상관을 보여(Bakker et al., 2003; Berenson et al., 2009), 추후 연구에서는 성장기 청소년들의 골밀도에 미치는 제지방의 역할에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

아디포사이토카인은 지방세포로부터 분비되며 대사조절에 중요한 역할을 한다(Alikaşifoğlu et al., 2009). 단백질로 구성된 렙틴은 식용중추와 에너지 대사 조절에 관여하며, 지방과 정적상관을 보인다. 또한 비만자에게서 지방이 증가함에 따라 높은 렙틴수준이 나타나는데, 식이요법이나, 운동을 통한 지방조직의 감소는 렙틴수준의 감소를 가져온다(Galic et al., 2010). 이 연구에서 비만청소년의 렙틴수준은 일반청소년에 비해 높게 나타났으며, 지방조직과 정적상관을 보여 선행연구의 결과와 비슷한 결과를 보였다. 아디포넥틴은 유리지방산의 산화 및 인슐린 민감성과 관련이 높게 나타났으며, 내장지방과 부적상관을 보여 본 연구를 뒷받침한다(Lenchik et al., 2003).

이 연구결과 렙틴은 전신, 요추, 대퇴, 및 전완 골밀도와 부적상관을 보인 반면, 아디포넥틴은 정적상관을 보였다. 선행연구에서는 렙틴과 아디포넥틴은 골밀도와 밀접한 관련이 있다고 보고하고 있지만, 아직까지 상반된 연구결과들이 보고되고 있어 명확한 결론을 내리기에는 부족하다(Campos et al., 2013; Lenchik et al., 2003; Morbeg et al., 2003; Mohiti-Ardkani et al., 2013; Peng et al., 2008). 선행 연구에서 비만 청소년의 렙틴과 골무기질량은 부적상관을 보였다(Campos et al., 2012). 본 연구결과에서도 비만청소년의 과다한 렙틴의 분비가 골대사 분비를 억제하여 골밀도와 부적상관을 보인 것으로 사료된다. 한편, Peng et al. (2008)의 연구에서는 렙틴은 전신골밀도와 정적상관을 보인다고 보고하였는데, 이러한 현상은 렙틴이 골대사에 직접적으로 관여하여 골세포 생성을 자극하고 파골세포의 활성도를 억제시켜 골밀도에 긍정적인 영향을 주기 때문이라고 보고하였다. 또한 최근 연구에서 Biver et al. (2011)은 신체질량지수와 지방조직을 공변량으로 하였을 경우 렙틴은 독립적으로 골밀도와 관련이 없었으며, Campos et al. (2013)은 비만

여자청소년의 혈중 렙틴수준은 골밀도와 상관관계가 없다고 보고하였다. 뿐만 아니라, Liu et al. (2013)은 연령, 성별, 호르몬을 공변량으로 하였을 때 렙틴과 골밀도의 상관관계가 나타나지 않았고, 골다골증 환자에서도 렙틴과 골밀도는 관련성이 없다고 보고하였다(Mohiti-Ardekani et al., 2013). 위에서 언급한 바와 같이 최근의 연구들에서는 렙틴은 독립적으로 골밀도와 관련성을 찾아 보기 힘들다고 보고하고 있어 추후 렙틴과 골밀도의 관계를 규명하기 위한 기전적 연구가 필요하다.

Lenchik et al. (2003)은 아디포넥틴이 골밀도를 결정짓는 중요한 예견인자라고 보고하였으며, 대부분의 선행연구에서는 골밀도와 부적상관을 보였다(Lenchik et al., 2003; Jürimäe et al., 2005; Jürimäe et al., 2008; Russell et al., 2010). 그러나 본 연구에서 아디포넥틴은 전신골밀도, 요추골밀도골밀도와 정적상관을 보였다. Williams et al. (2009)은 아디포넥틴은 골대사에 직접적으로 관여하여 파골세포의 수를 줄이고 조골세포의 생성을 활성화 시킨다고 보고하고 있어 본 연구를 뒷받침 한다. 본 연구에서 렙틴은 골대사지표인 BALP, NTx와 부적상관이 나타났다. 지방에서 분비되는 다양한 아디포사이토카인은 RANKL, OPG 경로를 통해 골대사에 직간접적으로 관여한다(Rosen & Buxsein, 2006). 지방조직의 증가는 렙틴의 분비를 증가시키며, OPG를 감소시켜 골흡수지표를 활성화시키고, 골형성지표를 떨어뜨리거나 유지시킨다(Gimble et al., 2006). 또한, 비만어린이의 렙틴은 OPG와 부적 상관을 보이며, 골흡수지표가 골형성지표에 비해 상대적으로 높은 비율이 나타나 본 연구를 뒷받침한다(Dimitri et al., 2011). 그러나 본연구의 결과를 통해 아디포사이토카인과 골대사지표의 관계를 설명하기에는 부족하며, 추후연구를 통해 비만청소년의 렙틴과 아디포넥틴이 어떠한 경로를 통하여 골대사지표에 영향을 미치는지를 규명하기 위한 연구가 수행되어야 한다.

이 연구에서 모든 대상자의 내장지방조직은 전신골밀도와 요추골밀도를 설명하는 부정적인 예견인자로 나타났다. 그리고 비만청소년에서는 내장지방조직이 전완골밀도의 예견인자로 유의한 설명력을 보였다. Russell et al. (2010)은 비만 여자청소년의 복부지방과 골밀도의 관련 요인을 분석한 결과 내장지방조직이 전신골밀도와 요추골밀도의 부정적인 예견인자로 41%와 25%의

설명력을 나타내어 본 연구결과를 뒷받침한다.

결론

이 연구는 복부지방 축적에 따른 남자 비만청소년의 골밀도, 아디포사이토카인, 및 골대사지표의 관계를 규명하기 위해 실행되었다.

골격성숙도의 경우, 비만청소년과 일반청소년 모두생 활나이보다 1.2세 빠르게 나타났으며, 지방조직을 포함한 복부지방조직은 남자 비만청소년이 유의하게 높게 나타났다. 또한 혈중 렙틴과 골흡수 지표인 NTx는 비만청소년이 유의하게 높게 나타났다. 그러나, 전신골밀도와 요추골밀도는 일반청소년이 유의하게 높게 나타났다.

복부지방조직은 전신골밀도, 요추골밀도와 부적 상관을 보였으며, 렙틴은 골밀도와 부적상관이 나타났고, 아디포넥틴은 골밀도와 정적상관이 나타났다.

골형성지표인 BALP는 내장지방조직, 렙틴과 정적상관을 보였으며, 골흡수지표인 NTx 복부지방조직, 렙틴과 정적상관을 보였다. 또한 내장지방조직은 전신골밀도와 요추골밀도를 설명하는 부정적인 예견인자로 나타났다.

결론적으로 남자 비만청소년의 복부지방 축적은 골밀도에 부정적인 영향을 미치고, 골흡수율을 활성화 시킨다. 추후연구에서는 지방에서 분비되는 아디포사이토카인과 골대사지표의 경로를 살펴볼 수 있는 기전적 (mechanism) 연구가 필요하며, 신체활동을 통한 아디포사이토카인과 골대사지표의 변화를 복합적으로 규명할 필요가 있다. 또한 pQCT(peripheral quantitative computed tomography)와 같은 기자재를 활용하여 뼈의 미세구조(microstructure)의 변화를 살펴볼 수 있다면 성장기 청소년들의 뼈의 구조적 변화까지 규명할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- Ahima, R. S., & Jeffery, S. F. (2000). Adipose tissue as an endocrine organ. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 11(8), 327-332.
- Alikaşifoğlu, A., Gönç, N., Özön, Z. A., Sen, Y., & Kandemir, N. (2009). The relationship between serum adiponectin, tumor necrosis factor-alpha, leptin levels and insulin sensitivity in childhood and adolescent obesity: adiponectin is a marker of metabolic syndrome. *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology*, 1(5), 233-239.
- Bakker, I., Twisk, J. W. R., Van Mechelen, W., & Kemper, H. C. G. (2003). Fat-free body mass is the most important body composition determinant of 10-yr longitudinal development of lumbar bone in adult men and women. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 88, 2607 - 2613.
- Biver, E., Salliot, C., Combescure, C., Gossec, L., Hardouin, P., Legroux-Gerot, I., & Cortet, B. (2011). Influence of adipokines and ghrelin on bone mineral density and fracture risk: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 96(9), 2703-2713.
- Berenson, A. B., Breitkopf, C. R., Newman, J. L., & Rahman, M. (2009). Contribution of fat-free mass and fat mass to bone mineral density among reproductive-aged women of white, black, and Hispanic race/ethnicity. *Journal of Clinical Densitometry*, 12(2), 200-2006.
- Campos, R. M., Lazaretti-Castro, M., Mello, M. T., Tock, L., Silva, P. L., Corgosinho, F. C., Carnier, J., Piano, A. D., Sanches, P. L., Masquio, D. C., Tufik, S., & Dâmaso, A. R. (2012). Influence of visceral and subcutaneous fat in bone mineral density of obese adolescents. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 56(1), 12-18.
- Campos, R. M., de Mello, M. T., Tock, L., da Silva, P. L., Corgosinho, F. C., Carnier, J., de Piano, A., Sanches, P. L., Masquio, D. C., Tufik, S., & Dâmaso, A. R. (2013). Interaction of bone mineral density, adipokines and hormones in obese adolescents girls submitted in an interdisciplinary therapy. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 26(7-8), 663-668.
- Cartwright, M. J., Tchkonja, T., & Kirkland, J. L. (2007). Aging in adipocytes: potential impact of inherent, depot-specific mechanisms. *Experimental Gerontology*, 42(6), 463-471.
- Christo, K., Prabhakaran, R., Lamparello, B., Cord, J., Miller, K. K., Goldstein, M. A., Gupta, N., Herzog, D. B., Klibanski, A., & Misra, M. (2008). Bone metabolism in adolescent athletes with amenorrhea, athletes with eumenorrhea, and control subjects. *Pediatrics*, 121(6), 1127-1136.
- Chrzanowska, M., Suder, A., & Kruszelnicki, P. (2012). Tracking and Risk of Abdominal Obesity in the Adoles-

- ence Period in Children Aged 7-15. The Cracow Longitudinal Growth Study. *American Journal of Human Biology*, 24, 62-67.
- Clark, E. M., Ness, A. R., & Tobias, J. H. (2006). Adipose tissue stimulates bone growth in prepubertal children. *Clinical Endocrinology and Metabolism*, 91, 2534-2541.
- Considine, R. V., & Caro, J. F. (1996). Leptin: genes, concepts and clinical perspective. *Hormone Research*, 46, 249-256.
- Coulding, A., Grant, A. M., & Williams S. M. (2005). Bone and body composition of children and adolescents with repeated forearm fractures. *Journal of Bone Mineral Research*, 20, 2090-2096.
- Dimitri, P., Bishop, N., Walsh, J. S., & Eastell, R. (2012). Obesity is a risk factor for fracture in children but is protective against fracture in adults: a paradox. *Bone*, 50(2), 457-466.
- Dimitri, P., Wales, J. K., & Bishop, N. (2011). Adipokines, bone-derived factors and bone turnover in obese children; evidence for altered fat-bone signalling resulting in reduced bone mass. *Bone*, 48(2), 189-196.
- Galic, S., Oakhill, J. S., & Steinberg, G. R. (2010). Adipose tissue as an endocrine organ. *Molecular and Cell Endocrinology*, 316(2), 129-139.
- Gajewska, J., Weker, H., Ambroszkiewicz, J., Szamotulska, K., Chelchowska, M., Franek, E., & Laskowska-Klita T. (2013). Alterations in markers of bone metabolism and adipokines following a 3-month lifestyle intervention induced weight loss in obese prepubertal children. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, 121(8), 498-504.
- Gilsanz, V., Chalfant, J., Mo, A. O., Lee, D. C., Dorey, F. J., & Mittelman, S. D. (2009). Reciprocal relations of subcutaneous and visceral fat to bone structure and strength. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 94(9), 3387-3393.
- Gimble, J. M., Zvonic, S., Floyd, Z. E., Kassem, M., & Nuttall, M. E. (2006). Playing with bone and fat. *Journal of Cell Biochemistry*, 98(2), 251-266.
- Jackowski, S. A., Lanovaz, J. L., Van Oort, C., & Baxter-Jones, A. D. (2013). Does lean tissue mass accrual during adolescence influence bone structural strength at the proximal femur in young adulthood? *Osteoporosis International*, [Epub ahead of print].
- Janicka, A., Wren, T. A., Sanchez, M. M., Dorey, F., Kim, P. S., Mittelman, S. D., & Gilsanz, V. (2007). Fat mass is not beneficial to bone in adolescents and young adults. *Journal Clinical Endocrinology Metabolism*, 92(1), 143-147.
- Jürimäe, J., Jürimäe, T., Leppik, A., & Kums, T. (2008). The influence of ghrelin, adiponectin, and leptin on bone mineral density in healthy postmenopausal women. *Journal of Bone Mineral Metabolism*, 26(6), 618-623.
- Jürimäe, J., Rembel, K., Jürimäe, T., & Rehand, M. (2005). Adiponectin is associated with bone mineral density in perimenopausal women. *Hormone and Metabolic Research*, 37(5), 297-302.
- Kadowaki, T., Yamauchi, T., Kubota, N., Hara, K., Ueki, K., & Tobe, K. (2006). Adiponectin and adiponectin receptors in insulin resistance, diabetes, and the metabolic syndrome. *Journal of Clinical Investigation*, 116(7), 1784-1792.
- Lenchik, L., Register, T. C., Hsu, F. C., Lohman, K., Nicklas, B. J., Freedman, B. I., Langefeld, C. D., Carr, J. J., & Bowden, D. W. (2003). Adiponectin as a novel determinant of bone mineral density and visceral fat. *Bone*, 33(4), 646-651.
- Liu, Y., Song, C. Y., Wu, S. S., Liang, Q. H., Yuan, L. Q., & Liao, E. Y. (2013). Novel adipokines and bone metabolism. *International Journal of Endocrinology*, 1-9.
- Luo, X. H., Guo, L. J., Yuan, L. Q., Xie, H., Zhou, H. D., Wu, X. P., & Liao, E. Y. (2005). Adiponectin stimulates human osteoblasts proliferation and differentiation via the MAPK signaling pathway. *Experimental Cell Research*, 309(1), 99-109.
- Maggio, A. B., Belli, D. C., Puigdefabregas, J. W., Rizzoli, R., Farpour-Lambert, N. J., Beghetti, M., & McLin, V. A. (2014). High Bone Density in Obese Adolescents is related to Fat Mass and Serum Leptin Concentrations. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 58(6), 723-728.
- Matsushita, Y., Nakagawa, T., Yamamoto, S., Takahashi, Y., Yokoyama, T., Mizoue, T., & Noda, M. (2012). Effect of longitudinal changes in visceral fat area and other anthropometric indices to the changes in metabolic risk factors in Japanese men: the Hitachi Health Study. *Diabetes Care*, 35(5), 1139-1143.
- Mindell, J. S., Dinsdale, H., Ridler, C., & Rutter, H. R. (2012). Change in waist circumference among adolescents in England from 1977-1987 to 2005-2007. *Public Health*, 126, 695-701.
- Mohiti-Ardekani, J., Soleymani-Salehabadi, H., Owlia, M. B., & Mohiti, A. (2013). Relationships between serum adipocyte hormones (adiponectin, leptin, resistin), bone mineral density and bone metabolic markers in osteoporosis patients. *Journal of Bone Mineral and Metabolism*, 1-5.

- Oshima, K., Nampei, A., Matsuda, M., Iwaki, M., Fukuhara, A., Hashimoto, J., Yoshikawa, H., & Shimomura, I. (2005). Adiponectin increases bone mass by suppressing osteoclast and activating osteoblast. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 331(2), 520-526.
- Peng, X. D., Xie, H., Zhao, Q., Wu, X. P., Sun, Z. Q., & Liao, E. Y. (2008). Relationships between serum adiponectin, leptin, resistin, visfatin levels and bone mineral density, and bone biochemical markers in Chinese men. *International Journal of Clinical Chemistry*, 387(1-2), 31-35.
- Reid, I. R. (2002). Relationships among body mass; its components and bone. *Bone*, 31, 547-555.
- Rocher, E., Chappard, C., Jaffre, C., Benhamou, C. L., & Courteix, D. (2008). Bone mineral density in prepubertal obese and control children: relation to body weight, lean mass, and fat mass. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 26(1), 73-78.
- Roa, J., García-Galiano, D., Castellano, J. M., Gaytan, F., Pinilla, L., & Tena-Sempere, M. (2010). Metabolic control of puberty onset: New players, new mechanisms. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 324, 87-94.
- Rosen, C. J., & Bouxsein, M. L. (2006). Mechanisms of disease: Is osteoporosis the obesity of bone? *Nature Clinical Practice Rheumatology*, 2(1), 35-43.
- Russell, M., Mendes, N., Miller, K. K., Rosen, C. J., Lee, H., Kilbanski, A., & Misra, M. (2010). Visceral fat is a negative predictor of bone density measures in obese adolescent girl. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 95, 1247-1255.
- Shalitin, S., & Phillip, M. (2003). Role of obesity and leptin in the pubertal process and pubertal growth. *International Journal of Obesity*, 27(8), 869-874.
- Szulc, P., Seeman, E., & Delmas, P. D. (2000). Biochemical measurements of bone turnover in children and adolescents. *Osteoporosis International*, 11(4), 281-294.
- Tanner, J. M., Healy, M. J. R., Goldstein, H., & Cameron, N. (2001). *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method)*. 3rd. London: WB Saunders.
- Tenta, R., Panagiotakos, D. B., Fragopoulou, E., Nomikos, T., Pitsavos, C., Chrysohoou, C., Antonopoulou, S., & Stefanadis, C. (2010). Osteoprotegerin and nuclear factor-kappaB ligand are associated with leptin and adiponectin levels, in apparently healthy women. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interaction*, 10(2), 174-179.
- Viljakainen, H. T., Pekkinen, M., Saarnio, E., Karp, H., Lamberg-Allardt, C., & Mäkitie, O. (2011). Dual effect of adipose tissue on bone health during growth. *Bone*, 48(2), 212-217.
- Wang, N., Xu, F., Zheng, L. Q., Zhang, X. G., Li, Y., Sun, G. Z., Guo, X. F., Yu, S. S., & Sun, Y. X. (2012). Effects of television viewing on body fatness among Chinese children and adolescents. *Chinese Medical Journal*, 125(8), 1500-1503.
- WHO (2009). World Health Organization.
- Williams, G. A., Wang, Y., Callon, K. E., Watson, M., Lin, J. M., Lam, J. B., Costa, J. L., Orpe, A., Broom, N., Naot, D., Reid, I. R., & Cornish, J. (2009). In vitro and in vivo effects of adiponectin on bone. *Endocrinology*, 150(8), 3603-3610.
- Yang, L. C., Lan, Y., Hu, J., Yang, Y. H., Zhang, Q., & Piao, J. H. (2009). Correlation of serum leptin level with bone mineral density and bone turnover markers in Chinese adolescent dancers. *Biomedical and Environmental Science*, 22(5), 369-373.
- Zou, C., & Shao, J. (2008). Role of adipocytokines in obesity-associated insulin resistance. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 19(5), 277-286.

Relationship of Abdominal Fat, Adipocytokine, Bone Mineral Density, and Bone Turnover Markers in Obese Male Adolescents

Hyun-Chul Jung, & Jong-Kook Song

Kyung Hee University

The purpose of the study was to determine relationship of abdominal fat, adipocytokine, bone mineral density, and bone turnover markers in obese male adolescents. Twenty four male adolescents (obese: 12, normal: 12) volunteered to participate in the study. Anthropometry and skeletal maturity were measured. Body composition and bone mineral density were estimated by DXA (Hologic, QDR-4500, USA). Abdominal fat with total adipose tissue (TAT), visceral adipose tissue (VAT), subcutaneous adipose tissue (SAT), and visceral adipose tissue to subcutaneous adipose tissue ratio (VSR) were estimated by computed tomography (ECLOS, HITACH, Japan). Blood samples were obtained for and analysis of adipocytokines including leptin and adiponectin. Bone turnover markers, osteocalcin (OC), bone-specific alkaline phosphatase (BALP) for bone formation markers and N-terminal telopeptide (NTx), C-terminal telopeptide (CTx) for bone resorption markers were analysed. All data were analyzed utilizing SAS 9.3 (SAS Institute, NC, USA). Independent t-test was used to evaluate the differences between obese adolescents and normal adolescents. Pearson correlation analysis was applied to figure out the relationship between abdominal fat, adipocytokines, bone mineral density, and bone turnover markers. Multiple regression analysis was used to find out the factors of abdominal fat which influence on bone mineral density. A level of significance was set at $p < .05$.

The results of the study indicated that fat tissue ($p < .001$), percent body fat ($p < .001$), TAT ($p < .001$), VAT ($p < .001$), and SAT ($p < .001$) were significantly higher in obese adolescents than normal adolescents. However bone mineral contents were significantly higher in normal adolescents. Normal adolescents have significantly higher whole body BMD and lumbar BMD than obese adolescents. Abdominal fat including VAT and SAT related negatively with whole body BMD and lumbar BMD. Leptin related negatively with BMD whereas adiponectin related positively with BMD. NTx for bone resorption marker related positively with abdominal fat. Visceral adipose tissue was a predictor for whole body BMD and lumbar BMD in explaining 46% and 32% in adolescents.

In conclusion, obese male adolescents have lower whole body BMD and lumbar BMD than normal adolescents. Abdominal fat including VAT and SAT related negatively with whole body BMD and Lumbar BMD. And leptin and adiponectin were closely related with BMD. Finally, visceral adipose tissue was a predictor for whole body and lumbar BMD in adolescents.

Key Words: Obese Adolescent, Abdominal Fat, Adipocytokine, BMD, Bone Turnover Marker 