

최 승 욱 교수지도
석사학위 청구논문

여중생의 골밀도와 골무기질량
측정 및 추정식 개발 연구

2008

성신여자대학교 대학원

체육학과

김 아 랍

여중생의 골밀도와 골무기질량
측정 및 추정식 개발 연구

최 승 욱 교수지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2007년 11월

성신여자대학교 대학원

체육학과

김 아 랍

인 준 서

김아람의 석사학위논문을 인준함

심사위원 _____ (인)

심사위원 _____ (인)

심사위원 _____ (인)

성신여자대학교 대학원

논문 개요

최근 골다공증은 우리나라 의료비 증가에 상당 부분을 차지하게 되어 국민건강에 주요한 임상적 문제로 부각되면서 그 예방과 치료에 대한 관심이 높아지고 있다.

청소년기의 골밀도는 성장과 함께 축적되고 성장판이 융합된 이후부터 증가하기 시작하여 사춘기 말에는 최대골질량(Peak Bone Mass)의 85%까지 도달되어 여자의 경우 18세까지 최대 골질량의 약 90%에 도달한다고 보고되고 있다(Rizzoli et al., 1999). 하지만 잘못된 사회적 분위기와 생활습관은 청소년기 골격에 좋지 않은 영향을 미치고 있으며 이는 곧 골밀도 감소현상으로 이어져 골격계 질환을 유발하고 있다. 골밀도의 상당부분이 청소년기에 형성됨에도 불구하고 이 시기에 대한 대부분의 연구가 서양에서만 이루어졌을 뿐, 우리나라에서는 폐경기·성인기의 여성, 고령자에게만 초점이 맞추어져 성장기 청소년들에 대한 연구가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 청소년기 여중생의 골밀도와 골무기질량을 측정하여 신체구성과의 관계를 규명하고 추정식을 제안함으로써 청소년들의 발육·발달의 특성을 보다 합리적으로 이해하여 운동 처방에 필요한 과학적인 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

연구 대상은 서울시 S여자중학교에 재학중인 여학생(13~15세) 194명을 선정하여, 신체조성, 골밀도(BMD), 골무기질량(BMC)의 분석 및 추정식을 개발하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 부위별 골량의 변화를 살펴보면 13세는 전신 골밀도가 가장 높고, 요골 골밀도, 대퇴골 골밀도의 순서로 낮았으며, 14~15세는 요골 골밀도가 가장 높고 전신 골밀도, 대퇴골 골밀도의 순서로 낮아졌다.
- 2) 13~15세로 연령이 증가함에 따라 골밀도는 약 3%, 골무기질량은 약 7%의 증가를 보였다.
- 3) 신체조성과 골밀도 및 골무기질량의 상관분석 결과 측정된 모든 항목에서 정적 상관이 나타났으며 그 중 골격근량이 가장 높은 상관성을 나타냈다.
- 4) 신체조성과 골밀도 및 골무기질량의 표준점수와 원점수간의 설명력은 차이가 없었다.
- 5) 여중생(13.7±0.9)의 전신 골밀도와 골무기질량의 추정식은 다음과 같다.

$$\text{Total BMD} = 0.009 \times \text{골격근량(kg)} + 0.008 \times \text{연령(yr)} + 0.016 \times \text{신체질량지수(kg/m}^2\text{)} + 0.061$$

$$(R^2=.452)$$

$$\text{Total BMC} = 82.842 \times \text{골격근량(kg)} + 58.226 \times \text{연령(yr)} + 9.383 \times \text{체지방률(\%)} + 96.175$$

$$(R^2=.707)$$

이와 같이 청소년기 여중생의 골밀도와 골무기질량의 측정 및 추정식 개발에 대한 연구는 성장기 골밀도를 평가함에 있어 유용하며, 예방을 위한 운동 프로그램이나 개인의 건강을 객관적으로 평가하는 자료로 활용할 수 있을 것이다.

향후 더 많은 인원, 다양한 지역을 대상으로 청소년기 발달 단계별 골밀도에 관한 연구가 활발히 이루어져야 할 것으로 사료된다.

목 차

논문개요

I. 서 론	1
1. 연구 필요성	1
2. 연구 목적	4
3. 연구 가설	4
4. 연구 제한점	5
5. 용어 정리	6
II. 이론적 배경	7
1. 골(Bone)	7
1) 골 형태 및 구성 물질	7
2) 골 대사	8
2. 골밀도	10
1) 골밀도 진단 및 예방	10
2) 청소년기 골밀도	11
3. 골밀도 측정	12
III. 연구 방법	14
1. 연구 대상	14
2. 연구 절차	15
3. 연구 기간	16

4. 측정 장비	16
5. 측정 항목	17
1) 체격 측정	17
2) 신체구성 측정	17
3) 골밀도 측정	18
6. 자료처리	19

IV. 연구 결과

1. 연령에 따른 신체부위별 골밀도 분석 결과	20
1) 13세 여중생의 신체부위별 골밀도 분석 결과	21
2) 14세 여중생의 신체부위별 골밀도 분석 결과	22
3) 15세 여중생의 신체부위별 골밀도 분석 결과	23
2. 연령 증가에 따른 골밀도 분석 결과	24
1) 요골 골밀도 분석 결과	25
2) 대퇴골 골밀도 분석 결과	26
3) 전신 골밀도 분석 결과	27
4) 전신 골무기질량 분석 결과	28
3. 골밀도 및 골무기질량과 신체조성의 상관관계 분석 결과	29
1) 전신 골밀도와 신체조성의 상관관계 분석 결과	29
2) 전신 골무기질량과 신체조성의 상관관계 분석 결과	30
4. 골밀도 및 골무기질량과 신체조성의 회귀분석 결과	31
1) 전신 골밀도와 신체조성의 회귀분석 결과	31
2) 전신 골무기질량과 신체조성의 회귀분석 결과	32
5. 여중생의 골밀도 추정식 결과	33
1) 전신 골밀도 추정식 결과	33

2) 전신 골무기질량 추정식 결과	34
V. 고 찰	35
VI. 결론 및 제언	38
1. 결론	38
2. 제언	39

참고문헌

ABSTRACT

표 목 차

<표 1> 신체적·생리적 특징	14
<표 2> 연구 기간	16
<표 3> 측정 장비	16
<표 4> 연령에 따른 신체부위별 골밀도 분석 결과	20
<표 5> 연령 증가에 따른 신체부위별 골밀도 분석 결과	24
<표 6> 전신 골밀도와 신체조성의 상관관계 분석 결과	29
<표 7> 전신 골무기질량과 신체조성의 상관관계 분석 결과	30
<표 8> 표준점수를 이용한 전신 골밀도와 신체조성의 중다회귀분석 결과 ..	31
<표 9> 표준점수를 이용한 전신 골무기질량과 신체조성의 중다회귀분석 결과	32
<표 10> 원점수를 이용한 전신 골밀도와 신체조성의 중다회귀분석 결과	33
<표 11> 원점수를 이용한 전신 골무기질량과 신체조성의 중다회귀분석 결과	34

그림 목 차

그림 1. 연구 절차	15
그림 2. 골밀도 측정	18
그림 3. 13세 여중생의 신체부위별 골밀도 비교	21
그림 4. 14세 여중생의 신체부위별 골밀도 비교	22
그림 5. 15세 여중생의 신체부위별 골밀도 비교	23
그림 6. 연령 증가에 따른 요골 골밀도	25
그림 7. 연령 증가에 따른 대퇴골 골밀도	26
그림 8. 연령 증가에 따른 전신 골밀도	27
그림 9. 연령 증가에 따른 전신 골무기질량	28

I. 서론

1. 연구 필요성

편의성을 강조하는 생활양식과 마른 체형을 선호하는 사회적 분위기로 인한 신체활동량의 감소는 골격에 좋지 않은 영향을 미치고 있으며 이러한 질환중의 하나로 골밀도 감소에 따른 골다공증을 들 수 있다.

골다공증이란 뼈의 화학적 조성에는 변화가 없고, 단위용적 내의 골량의 감소를 초래하는 질환이다(JAMA, 1984). 골다공증성 골절발생은 개개인의 삶의 질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 치료에도 막대한 사회적 비용을 지불해야 하는 문제가 발생하기 때문에 이를 예방하기 위한 사회적인 관심과 노력이 요구되고 있다(신현호 등, 2001).

미국에서는 인구의 25%에 이르는 2천 5백만명 정도가 골다공증으로 고생하고 있으며 해마다 일어나는 골절 발생률은 약 150만건에 이르고 여기에 쓰는 치료비용은 한 해에 100억 달러에 달한다고 하며, 우리나라와 생활환경이 유사한 일본에서도 사회적 문제가 되고 있어 후생성을 중심으로 장수 과학연구를 정책적으로 지원하고 있는데 그 가운데 골다공증이 큰 비중을 차지하고 있다(이지영 등, 1999).

최근 고령 사회로 진입하고 있는 우리나라의 경우 노인인구가 급격히 늘어 골다공증과 그에 따른 골절환자가 늘고 있고, 운동부족을 비롯하여 젊은 여성의 무리한 다이어트나 편식에 의한 칼슘부족이 발병원인이 되어 문제시되고 있으며(최승욱 등, 2007), 생활환경과 식습관 그리고 질병의 발생형태가 점차 서양을 닮아가고 있어 골다공증성 골절 치료의 국가적 비용이 연간 1조 500억원에 달하는 것으로 추정되고 있다고 밝혀(대한골다공증학회,

2007) 머지않아 골다공증이 사회에 커다란 문제가 될 것이라고 강조하였다. 이에 골다공증이 주요한 임상적 문제로 인식되면서 그 예방과 치료에 대한 관심이 높아지고 있다.

골다공증은 조기진단이 어렵고 현재 치료에 쓰이는 대부분의 약물들이 골량을 증가시키기 보다는 골 소실 정도를 낮추는 것에 그쳐 현시점에서는 치료제의 효과가 만족하지 못하기 때문에 조기 진단과 조기 예방의 중요성이 강조되고 있다(이희자 & 최미자, 1996; 유영원 & 이은남, 2000). 특히 예방 차원에서 관리가 이루어지는 것이 효율적인데 이를 위해서는 성장기 최대골질량 획득과 골질량 손실의 최소화(Cadogan et al., 1998)와 유전적 요인을 제외한 생활습관, 식습관, 운동습관 등의 여러가지 복합적인 요인들을 조정하여 30대 초반까지 최대로 골밀도를 축적하고 30대 중반부터 매년 감소되는 골밀도를 유지시켜 장·노년기 이후 골다공증의 예방 및 지연에 도움이 될 수 있도록 해야 한다(Melton et al., 1996).

뼈도 다른 장기와 비슷하게 일생동안 변화를 계속하는데 오래된 뼈는 일정하게 파괴되고 다시 새로운 뼈를 만들어내는 재형성 과정을 거친다. 이러한 교체는 성장과 스트레스에 의해 일어나는 미세한 손상을 회복시키고 적절히 뼈의 기능을 유지하도록 하는데 필수적이다(신지은, 2005). 특히 성장기는 골질량이 축적되는 시기로서 성장판이 융합된 이후부터 증가하기 시작하여 사춘기 말 시기에 골질량의 축적과 함께 급격히 증가한다. 이 시기에는 최대 골질량의 85%까지 도달하는데 여자의 경우 골질량 증가 속도가 약 13세에 최고치를 기록한 후 계속 감소하여 16~17세경에는 골밀도 증가속도가 매우 미약하다가 18세에 최대 골질량의 약 90%가 도달한다고 한다. 이때의 골량 획득은 장년기 후반의 골다공증 및 골절의 중요한 결정요인이(Rizzoli et al., 1999)되기 때문에 이 시기의 관리가 강조되고 있는 실정이다. 따라서 골밀도가 감소되는 시기보다는 골질

량이 형성되는 성장기에 골밀도에 대한 관리가 이루어져야 한다.

지금까지 서구 선진국에서는 국가적 차원에서 유소년기의 성장·발달·체력에 관한 종단적 혹은 횡단적 연구가 실행되어 활발한 연구가 진행 중이지만 우리나라의 경우 골질량의 축적에 영향을 줄 수 있는 관련인자들에 대한 연구들이 아직 미흡하며, 대상도 폐경기 여성, 노인에게 한정되어 있는 실정이다. 또한 세계적으로 이용되고 있는 WHO(World Health Organization)에서 정의한 골다공증의 기준이 백인여성을 대상으로 한 것이어서 타인종, 남성, 청소년기의 사람에게는 적용하는데 어려움이 있다. 특히 한국인에게 골다공증 기준을 그대로 적용하여도 되는지에 대한 조사가 광범위하게 이루어지지 않은 상태이므로 한국인을 대상으로 다양한 연령 및 성별에 대한 연구가 필요하다.

2. 연구 목적

본 연구는 여중생의 골밀도와 골무기질량을 측정하여 신체구성과의 상관관계를 규명하고 추정식을 제안함으로써 발육·발달의 특성을 보다 합리적으로 이해하고 운동 처방에 필요한 과학적인 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

3. 연구 가설

본 연구의 가설은 다음과 같다.

- 1) 여중생의 신체부위별 골밀도는 차이가 있을 것이다.
- 2) 여중생의 연령증가에 따라 골밀도는 차이가 있을 것이다.
- 3) 여중생의 골밀도와 골무기질량은 신체조성과 상관관계가 있을 것이다.
- 4) 여중생의 골밀도와 골무기질량은 표준점수와 원점수간의 차이가 있을 것이다.
- 5) 여중생의 골밀도와 골무기질량의 추정식을 개발할 수 있을 것이다.

4. 연구 제한점

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

- 1) 본 연구는 서울시 S여자중학교에 제한하였다.
- 2) 피험자들의 환경적, 심리적, 유전적 요인을 통제하지 못하였다.

5. 용어 정리

- 1) 골밀도(Bone Mineral Density: BMD) : 방사선이 골을 투과할 때 골조직의 방사선 투과율의 차이를 반영하여 골의 단위 면적당 무기질량(g/cm^2)을 산출한 것이다.
- 2) 골무기질량(Bone Mineral Content: BMC) : 골의 무기질(Ca, Mg, P, Mn 등)의 총량이다. 골의 미세구조와 함께 골기질의 부피, 골의 무기질화 정도는 골의 경도와 강직도를 결정하여 골강도에 중요한 요소이다.
- 3) 척추(Lumbar) 골밀도 : 해면골이 풍부하여 골대사 변화에 민감하며 폐경 후 골다공증 진단에 유용하다. L1~L4나 L2~L4를 측정하며 65세 이상에서는 퇴행성 변화로 측정 오차가 발생할 수 있다.
- 4) 대퇴골(Femur) 골밀도 : 대퇴골 골절에 예측 능력이 탁월하며 척추에 비해 퇴행성 변화에 의한 영향이 적다. 대퇴 경부 혹은 대퇴골 전체는 정밀도가 좋으나 Ward 삼각부위는 해면골이 풍부하고 대사변화가 민감하여 정밀도가 나쁘다.
- 5) 전신(Total) 골밀도 : 전신 골격에 대한 평가를 할 수 있으며 척추 대퇴골 골밀도와 높은 연관성이 있다.
- 6) 골다공증(Osteoporosis) : 골의 화학적 조성에는 변화가 없고 골기질의 감소로 인하여 단위 용적 내 골량의 감소를 초래하여 경미한 충격에도 쉽게 골절을 일으킬 수 있는 골대사 질환이다.
- 7) 이중 에너지 방사선 흡수법(Dual Energy X-ray Absorptiometry: DEXA) : 두 개의 다른 에너지를 내는 방사성 물질을 이용하여 골밀도와 연조직 밀도를 동시에 측정한 후 골밀도에서 연조직 밀도를 감하여 절대적인 골밀도를 구할 수 있게 한 측정법이다.

II. 이론적 배경

1. 골(Bone)

1) 골 형태 및 구성 물질

골은 신체의 주요 장기를 보호하고, 지탱하며, 끊임없는 대사를 통하여, 무기질의 저장소가 되어주고, 신생 혈액을 공급해 주는 살아 있는 결체조직이다. 골조직은 혈액 공급도 풍부하여 전체 심박출량의 약 10%가 공급된다.

골은 세포군과 그 주변의 골기질로 이루어져 있으며 생화학적 구성은 수분 20%, 유기질 35%, 무기질 45%로 구성되어 있으며 골기질은 대부분의 콜라겐 섬유와 신체 미량의 비콜라겐 기질 단백질로 구성된 유기질 성분, 칼슘과 무기질 성분으로 이루어진다. 다른 조직과 달리 부피의 2~5%만이 생성되는 세포이고, 나머지 95~98%는 비생존물질(Nonliving material)이다. 비생존물질은 강도, 단단함, 탄력성 등의 기계적 특성을 제공하며, 유골(Osteoid)이라 불리는 무기질을 포함한 단백질형으로 구성되어 있다. 골은 외형적으로 경골(Tibia), 대퇴골(Femur), 상완골(Humerus)과 같은 장관골(Long bone) 그리고 두개골(Skull bones), 견갑골(Scapula), 하악골(Mandible), 장골(Ilium)같은 편평골(Flat bone)의 두 가지 형이 있다. 장관골의 모양은 양쪽 끝의 약간 넓어진 골단(Epiphysis), 약간 움푹 들어간 가운데 부분인 골간(Midshaft 또는 Diaphysis), 골단에서 골간으로 이행되는 골간단부(Metaphysis)로 구성되어 있다. 성장기에는 골단과 골간단부 사이에 계속 증식되는 골단연골이 있어 골의 성장이 일어난다. 증식된 연골은 석회화의 과정을 거쳐 성숙된 골로 변화되고, 성장기가 지나면서 골단연골의 성장판은 더 이상의 증식이 일어나

지 않고 석회화와 함께 닫히게 된다. 골은 조직학적으로 표면부위와 내면부위가 서로 달라, 표면부위는 두껍고 단단한 석회화 조직인 피질골(Cortical bone) 또는 치밀골(Compact bone)이라하고 내면부위는 엉성하게 연결된 골수 조직으로 소주골(Trabecular bone), 해면골(Sponge bone) 또는 망상골(Cancellous bone)이라 한다(대한골다공증학회, 2006).

2) 골 대사

출생 후 영유아부터 노년층에 이르기까지 골격의 형성 및 유지는 인간에 있어 기본적인 현상이다. 골의 형태 형성은 태내에서 대부분 이루어지지만 골량의 증가, 유지 및 감소는 조골세포, 골세포, 파골세포 등의 작용에 의해 이루어진다. 골조직은 조골세포(Osteoblast)의 작용에 의한 골형성(Bone formation)과 파골세포(Osteoclast)의 작용에 의한 골흡수 양자 간의 적절한 균형을 지키면서 항상성을 유지하고 있다(강무일, 1994). 이러한 현상은 각각 독립적으로 일어나지 않고 기초 재형성 장치(Basic remodeling unit)라고 불리는 장소에서 서로 평형을 유지하면서 골의 재형성이 반복하여 주기적으로 끊임없이 계속된다(Snow et al., 1991). 골재형성이란 성인의 뼈에서 평생을 통하여 일어나는 대사 과정으로서 오래되거나 손상된 뼈를 제거하고 그 자리에 새로운 뼈로 채워 주는 재생과정으로서 이는 정상 뼈의 구조와 칼슘 항상성을 위하여 필수적이다. 전신의 뼈가 새로운 뼈로 바뀌는 데는 평균 10년이 걸린다. 골재형성 과정에서 일어나는 골흡수와 골형성 사이에 커플링이 일어나는데, 즉 생리적이든 병적이든 간에 골흡수율이 증가하면

골형성률도 따라서 증가한다(대한골다공증학회, 2006).

연령 증가에 따른 골량 변화는 크게 3부분으로 나누어진다. 발육기(Growth period), 강화기(Consolidation period)를 지나면 매우 짧은 동안의 골량을 일정치 유지하다가 골 소실기(Loss period)에 접어들게 된다. 즉 골격은 성장기부터 30~40세까지는 지속적인 생성이 이루어져 구조적인 성장이 완성되며 골밀도가 계속 증가되어 최대 골질량이 이루어지고 견고화가 뒤따른다. 이후 재형성보다 재흡수율이 증가하여 골격의 소실이 발생하게 된다(김혜남, 2005).

2. 골밀도

1) 골밀도 진단 및 예방

골밀도는 방사선이 골을 투과할 때 골조직의 방사선 투과율의 차이를 반영하여 골의 단위 면적당 무기질량(g/cm^2)을 산출한 것으로 본 연구에서는 이중에너지 방사선 흡수계측기(DEXA)를 이용하여 요골(1번~4번), 대퇴골, 전신의 골밀도를 측정한다.

골밀도의 임상적 기준은 WHO의 기준에 따라 측정값의 표준편차 T-score를 기준으로 정상 골밀도 범위와 비교하여 표준편차 -2.5 이하인 경우 골다공증으로, -1 미만에서 -2.49 인 경우 골량감소증, -1 이상을 정상이라 보고 있다.

골밀도 감소는 무기질의 지속적인 소실로 피질골은 얇아지고 소주골의 수량과 크기가 감소하는 것으로 뼈가 약해지게 된다. 초기에는 자각증상이 없고, 외모와 검사상 특이한 변화를 보이지 않으나 진행된 골다공증인 경우 요통과 뼈근한 피로감 등의 증상이 있으며(장준섭, 1994), 아랫배와 둔부에 통증, 여러 기관의 기능부전, 일상생활 수행능력 저하, 우울, 자존감 상실, 장애, 신체적 의존증가 등으로 삶의 질이 저하되며(Paier, 1996; Cooper, 1997; Wright, 1998; Bayles et al., 2000), 골다공증 환자의 30%가 가볍게 넘어지기만 해도 골절이 발생하며, 척추 골절이 생기면 허리가 굽어지게 되어 키가 줄어든다(김남현, 1999). 골절환자의 15~20%는 1년 이내에 사망하며 살아남은 환자의 약 50%도 정상적인 활동의 제한으로 남은 생애동안 불편을 겪게 된다(Kennie et al., 1988).

이러한 골다공증을 예방하기 위하여 미국에서는 3단계 예방 전략을 수립하고 있다. 1단계는 적정 최대골량을 유지하기 위해서 아동기, 청소년기, 성인 초기에

적절한 식이로 칼슘섭취, 영양 상태를 양호하게 하고, 운동과 호르몬 보충을 권장하며, 2단계는 골량유지를 위해 흡연, 과음을 삼가고 적절한 칼슘섭취와 규칙적인 운동을 권장하며, 3단계는 40~45세에 발생하는 골량소실 과정을 최소화하기 위해 적절한 영양, 비타민 D 및 칼슘 섭취와 호르몬을 보충하는 것이다 (Kulak et al., 1998).

2) 청소년기 골밀도

각 신체의 형태나 기능은 같은 비율로 발육 발달하는 것이 아니라 그 속도에 각각의 특징이 있다

사춘기 동안에는 칼시트리올의 혈중 농도 상승과 콩팥에서의 인 재흡수증가에 따라 혈중인의 농도도 증가하고 연골이 석회화되어 골조직으로 대체(연골내골화: Enchondral ossification)되든지, 또는 교원질 기질에서 조골세포에 의해 직접형성(막내골화: Intramembranous)되는 양자간의 한 형태를 취하게 된다. 발육기의 끝 무렵에는 성인에 있어서의 최대 골량의 90%에 달하는 골량을 갖게 된다. 이 발육기동안 골은 길이성장과 골막하흡수(Subperiosteal resorption)를 통한 단면적 증가를 통해 그 질량이 늘게 되며 가속적으로 증가할 때에는 신장도 가속적으로 커져 발육 스퍼트를 가져오게 된다(민헌기, 1991). 사춘기 이후의 골량 증가를 관찰한 연구에 따르면 여성에게는 골량의 증가가 초경 이후 급격히 감소하여 17~20세 사이에는 증가가 거의 관찰되지 않는다고 한다. 남성은 13~17세 사이에 골량의 증가가 두드러지다가 이후에는 급격히 감소하는데 여성과는 달리 17~20세 사이에도 의미 있는 골량의 증가가 계속된다고 한다. 이와 같이 사춘기 동안의 성장이 끝난 후에 남성의 골밀도가 여성에 비해 큰 이유는 남성은 골량 증가율이 여성과 비교하여 더 크기 때문이 아니라 골량의 증가를 이루는 기간이 더 길기 때문인 것으로 보고되어 진다(대한골다공증학회, 2006).

3. 골밀도 측정

골밀도의 측정은 내과 및 정형외과 영역에서 주로 다루어져 왔던 부분이며 대사성 골질환의 조기진단과 약물투여의 효과 판정에 유용한 방법으로 1963년 Cameron과 Sorenson에 의하여 처음으로 기술된 이래로 계속 발전하여 그 측정 방법이 쉽고 정확하여 많이 이용되어오고 있다.

골다공증에서 발병하는 골절 중 가장 빈도가 높은 것은 흉·요추 골절과 대퇴골 골절이다. 이전에는 골다공증이 전반적인 골소실을 야기하므로 부위별 골밀도가 전체 골밀도를 반영한다고 알려졌으나, 최근 연구에서는 골다공증에 의한 골무기질의 소실은 부위에 따른 차이가 있는 것으로 확인되어 정확한 부위별 골밀도를 알기 위해서는 직접부위별 측정이 필요하다(김혜남, 2005).

현재 측정부위나 방법이 다양한 여러 종류의 골밀도 측정기가 사용되고 있기 때문에 임상적으로 많은 혼란이 야기되고 있다. 현재 임상에서 이용되는 골밀도 정량적 측정법은 방사선 흡수법(Radiographic Absorptiometry: RA), 정량적 전산화단층촬영(Quantitative Computed Tomography: QCT), 정량적 초음파(Quantitative Ultrasound: QUS), 이중에너지 방사선 측정법(Dual Energy X-ray Absorptiometry: DEXA) 등이 있는데, 이 방법들 중에서 검사시간이 짧고 정밀도가 우수한 이중에너지 방사선 측정법이 표준방법으로 인정되고 있고 가장 많이 이용된다(Lenchik, 2002). 측정부위로 척추와 대퇴골은 골다공증성 골절이 흔히 발달하는 부위이므로 이 두 부위를 측정하여 골밀도가 낮은 부위를 기준으로 골다공증을 진단한다. 척추는 해면골이 풍부하여 폐경후 여성에서 골대사의 변화를 예민하게 반영한다. L1은 압박골절이 흔히 발생하고 L5는 골밀도의 편차가 너무 심하여 L2~L4의 골밀도 평균치를 이용한 바 있으나 국제 골밀도 측정학회인 ISCD(International Society for Clinical Densitometry)의 권고안에서는

정밀도 향상을 위하여 L1~L4평균치를 기준으로 진단하도록 하였다(Hamdy et al., 2002). 임상적으로 심각한 문제를 야기하는 대퇴골 골질의 발생을 예측하는데는 다른 부위에 비하여 대퇴골에서 측정된 골밀도가 가장 높은 연관성을 나타내며(Marshall et al., 1996; Kanis, 2000) 대퇴골 전체, 대퇴골 경부 골밀도 중 낮은 부위로 진단한다(Faulkner, 1998). 최근에는 대퇴골 전체 골밀도가 중요시 되는데 이는 정밀도가 가장 우수하여 치료 후 반응을 평가하는데 유리하기 때문이다(Hamdy et al., 2002).

기존에 WHO에서 제안하여 임상에서 널리 사용중인 골다공증 진단 기준은 DXA를 이용하여 폐경 후 백인 여성을 대상으로 검사한 것이다. ISCD에서는 20세 이하에서의 골밀도 진단의 경우 Z-점수로 판단해야 하며 골밀도를 측정하는 부위는 척추와 전신이 적합하며 WHO 진단 기준은 골다공증의 진단 목적에 국한하여 설정되었으며 역학조사에서 위험도 비교를 목적으로 가상 역치를 설정하기 위한 것이었기 때문에 치료의 직접적인 지침이 될 수 없다고 밝혔다. 미국의 NOF(National Osteoporosis Foundation) 가이드라인에서는 T-Score가 -2.0이하에서 약물치료를 시작하고 T-Score가 -1.5에서 -2.0사이는 위험인자 유무에 따라 치료를 결정 할 것을 권고한다. 하지만 한국인 청소년기의 경우 참고 데이터베이스가 아직 없는 실정이어서 골질을 예측할 수 있는지에 대해서는 아직 확실치 않다(백기현 & 강무일, 2005).

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구 대상은 서울시 S여자중학교에 재학중인 여중생 194명을 대상으로 하였다.

대상자들은 연구의 목적 및 조사 내용을 충분히 인지한 후, 자발적으로 참가하도록 하였으며, 이들의 신체적·생리적 특징은 <표 1>과 같다.

표 1. 신체적·생리적 특징

분 류	13세	14세	15세	합계
인원(n)	71	60	63	194
연령(yr)	12.8±0.3	13.6±0.5	14.8±0.4	13.7±0.9
체중(kg)	49.2±8.6	52.0±7.1	55.1±15.8	52.0±11.3
신장(cm)	157.6±5.8	160.2±4.8	160.7±5.5	159.4±5.6
신체질량지수(kg/m ²)	19.9±2.7	20.3±2.4	20.7±2.7	20.3±2.6
체지방률(%)	27.6±5.2	29.2±4.9	29.5±4.6	28.7±5.0
골격근량(kg)	17.8±3.0	18.8±2.5	19.2±2.8	18.5±2.8
체지방량(kg)	14.2±5.0	15.3±4.2	16.2±4.8	15.2±4.7
체지방량(kg)	35.4±4.4	36.7±3.7	36.9±6.2	36.3±4.9

Mean±SD

2. 연구 절차

본 연구의 목적을 달성하기 위한 연구 절차는 <그림 1>에 제시된 바와 같다.



그림 1. 연구 절차

3. 연구 기간

본 연구 기간은 <표 2>에 제시된 바와 같다.

표 2. 연구 기간

내 용	기 간
문헌조사 및 주제선정	2006. 06 ~ 2006. 08
실험 설계	2006. 08 ~ 2006. 10
사전 검사	2006. 10 ~ 2006. 11
피험자 측정	2006. 11 ~ 2007. 07
자료 처리	2007. 07. ~ 2007. 08
논문 작성	2007. 08 ~ 2007. 11

4. 측정 장비

본 연구에 사용된 측정 장비는 <표 3>에 제시된 바와 같다.

표 3. 측정 장비

분 류	모델명 (국가)	측정항목
체격	neoGMTEC (Korea)	신장, 체중
신체구성	Inbody 4.0 (Korea)	체지방량, 체지방률, 제지방량, 신체질량지수
골밀도	PRODIGY (USA)	골밀도, 골무기질량

5. 측정 항목

본 연구는 서울시 S여자대학교 운동처방실에서 실시하였으며, 그 구체적인 측정 항목과 방법은 다음과 같다.

1) 체격 측정

신장은 디지털 신장계(neoGMTEC)를 이용하여 피험자에게 눈과 턱이 수평위치와 직립 자세를 취하게 한 후, 발바닥에서 두 정점까지의 수직거리를 측정하였다(측정값은 0.1cm 단위 기록). 또한 체중은 탈의한 후 체중계의 중앙에 오도록 하고 기록은 소수점 한자리까지, 단위는 kg으로 기록하였다.

2) 신체구성 측정

신체구성 측정은 다주파수 임피던스기기(Inbody 4.0, Biospace Co.)를 이용하여 체지방률(%Body Fat), 체지방량(Fat Mass: FM), 제지방량(Fat-Free Mass: FFM), 체수분량(Total Body Water: TBW), 그리고 신체질량지수(Body Mass Index: BMI) 등을 측정하였다. 운동이나 동적인 업무를 하기 전에 상온(20~25°C)에서 체내의 잔여물을 제거한 후에 측정 하였으며, 체중기록은 신장, 성별 및 연령을 입력하고, 양손으로 손잡이 부분을 손가락 4개 모두가 아래쪽 전극의 표면에 고르게 닿도록 하고, 엄지를 가볍게 엄지전극에 올려놓고 맨발바닥은 뒤꿈치를 먼저 접촉시킨 후 고르게 전극에 접촉되도록 했다. 겨드랑이 사이가 서로 맞닿지 않도록 약 15°가량 벌리며 측정하는 동안 신체에 힘을 주지 말고 편안하게 자세를 유지한 후 똑바로 선 자세로 약 2분간 측정 하였다.

3) 골밀도 측정

이중에너지 X-선 골밀도측정기(PRODIGY, GE Medical Systems Lunar)를 이용하여 전신골밀도와 신체 각 부위별 골밀도(BMD), 골무기질량(BMC)의 측정은 DEXA(Dual Energy X-ray Absorptiometry)법이 이용되었으며, 피험자는 엑스레이 감쇄물질(안경, 벨트, 시계, 보석 등)을 제거하고 가벼운 복장으로 Scanning table에 곧게 누운 자세를 취하도록 하였다.

피험자를 Center line에 맞춰 눕힌 다음, 피검자의 머리와 Top line 사이에 1~2cm 정도 간격을 두고, 양손을 쭉 펴고 손가락을 붙이도록 하였다. 또한 피검자가 움직이는 것을 방지하기 위해 두 개의 Straps로 무릎과 발목을 고정시키고 약 10분간 측정하였다.

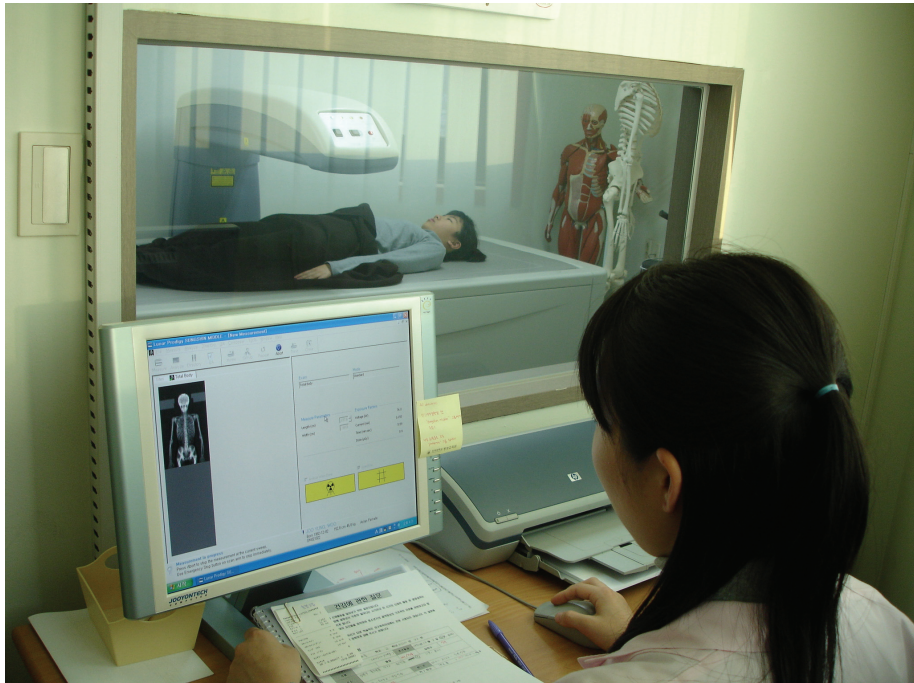


그림 2. 골밀도 측정

6. 자료 처리

모든 자료 처리는 SPSS win(version 14.0) 통계 프로그램을 이용하였으며, 구체적인 분석 내용은 다음과 같다.

- 1) 골밀도와 신체조성의 모든 수치는 평균(Mean)과 표준편차(Standard Deviation)를 산출하였다.
- 2) 각 변인간의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson의 상관분석(Pearson's Correlation)을 실시하였다.
- 3) 각 연령별, 부위별 차이를 검증하기 위하여 일원변량분석(Repeated one-way ANOVA)을 실시하였으며 집단간 차이가 있는 경우에는 Tukey 사후검증을 실시하였다.
- 4) 신체조성이 골밀도에 미치는 영향을 변인간 서로 비교하기 위해 모든 변인을 표준점수(Z-score)로 변환하여 중다선형회귀분석(Multiple Linear regression)을 실시하였으며 단계선택(Stepwise)기법을 적용하였다.
- 5) 골밀도 추정식을 산출하기 위하여 원점수를 이용하여 중다선형회귀분석(Multiple Linear regression)을 실시하였으며 단계선택(Stepwise)기법을 적용하였다.
- 6) 모든 통계적 유의 수준(p)은 .05%로 설정하였다.

IV. 연구 결과

본 연구는 서울시에 거주하는 여중생(13~15세)을 대상으로 DEXA를 이용하여 골밀도와 골무기질량을 측정하였으며 결과는 <표 4~11>, <그림 3~9>에서 보는 바와 같다.

1. 연령에 따른 신체부위별 골밀도 분석 결과

연령에 따른 신체부위별 골밀도 분석 결과는 <표 4>에서 보는 바와 같다.

표 4. 연령에 따른 신체부위별 골밀도 분석 결과

구분	요골(g/cm ²)	대퇴골(g/cm ²)	전신(g/cm ²)	F	Post-hoc
13세	0.98±0.11 ^a	0.91±0.12 ^b	0.99±0.07 ^c	14.777*	a-b b-c
14세	1.02±1.10 ^a	0.92±0.10 ^b	1.01±0.06 ^c	24.501*	a-b b-c
15세	1.09±0.12 ^a	0.95±0.13 ^b	1.05±0.07 ^c	28.209*	a-b b-c

Mean±SD, * $p < .05$

1) 13세 여중생의 신체부위별 골밀도 분석 결과

13세 여중생의 신체부위별 골밀도 측정 결과는 <그림 3>에서 보는 바와 같다.

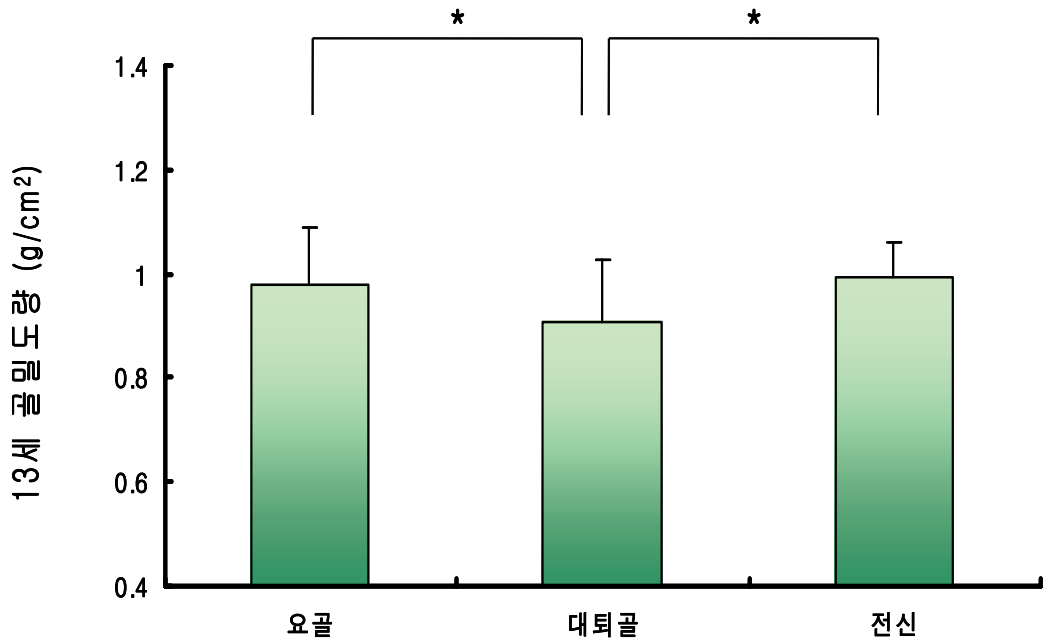


그림 3. 13세 여중생의 신체 부위별 골밀도 비교

13세 여중생의 요골 골밀도는 $0.98 \pm 0.11 \text{g/cm}^2$, 대퇴골 골밀도는 $0.91 \pm 0.12 \text{g/cm}^2$, 전신 골밀도는 $0.99 \pm 0.07 \text{g/cm}^2$ 로 나타났다. 요골 골밀도는 전신골밀도에 비해 약 0.01g/cm^2 (1.3%) 낮았으나 유의한 차이는 없었으며 대퇴골 골밀도는 요골 골밀도에 비해 약 0.07g/cm^2 (7.4%), 전신골밀도에 비해 약 0.08g/cm^2 (8.6%) 유의하게 ($p < .05$) 낮았다.

2) 14세 여중생의 신체부위별 골밀도 분석 결과

14세 여중생의 신체부위별 골밀도의 측정 결과는 <그림 4>에서 보는 바와 같다.

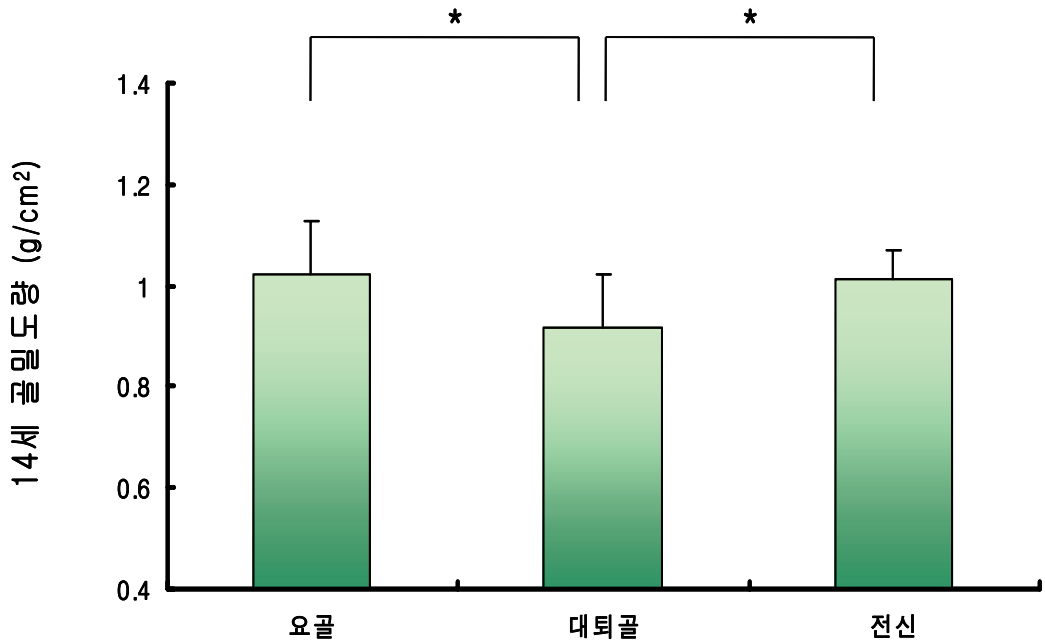


그림 4. 14세 여중생의 신체 부위별 골밀도 비교

14세 여중생의 요골 골밀도는 $1.02 \pm 0.11 \text{g/cm}^2$, 대퇴골 골밀도는 $0.92 \pm 0.10 \text{g/cm}^2$, 전신 골밀도는 $1.01 \pm 0.06 \text{g/cm}^2$ 로 나타났다. 요골 골밀도는 전신골밀도에 비해 약 0.01g/cm^2 (1.3%)로 유의한 차이는 없었으나 대퇴골 골밀도는 요골 골밀도에 비해 약 0.1g/cm^2 (10.1%), 전신골밀도에 비해 약 0.09g/cm^2 (9.1%) 유의하게 ($p < .05$) 낮았다.

3) 15세 여중생의 신체부위별 골밀도 분석 결과

15세 여중생의 신체부위별 골밀도의 측정 결과는 <그림 5>에서 보는 바와 같다.

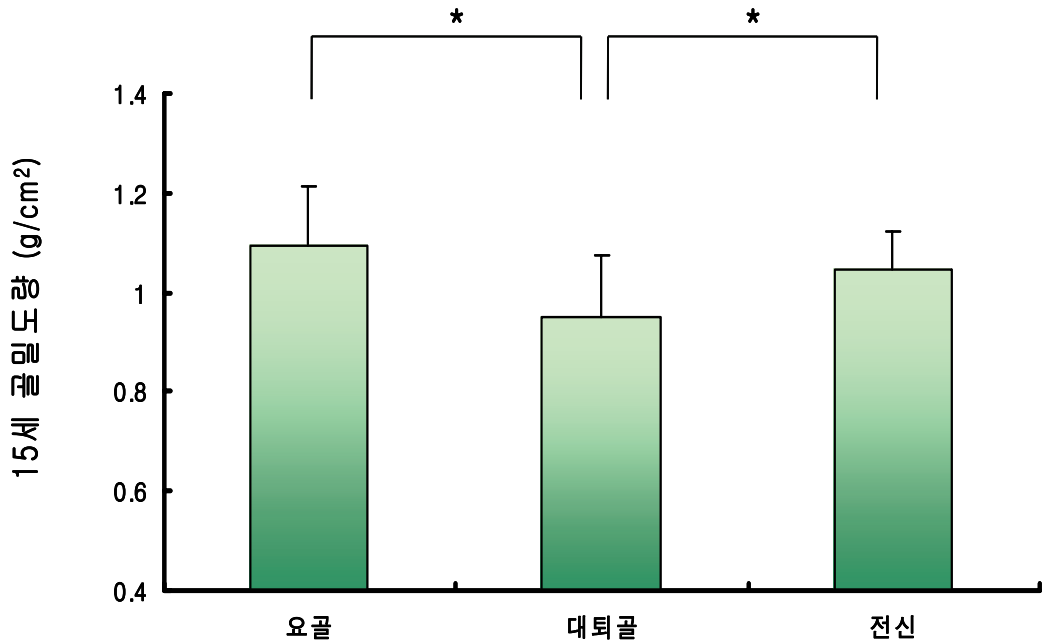


그림 5. 15세 여중생의 신체 부위별 골밀도 비교

15세 여중생의 요골 골밀도는 $1.09 \pm 0.12 \text{g/cm}^2$, 대퇴골 골밀도는 $0.95 \pm 0.13 \text{g/cm}^2$, 전신 골밀도는 $1.05 \pm 0.07 \text{g/cm}^2$ 로 나타났다. 요골 골밀도는 전신골밀도에 비해 약 0.04g/cm^2 (4.0%) 높았지만 유의한 차이는 없었으며 대퇴골 골밀도는 요골 골밀도에 비해 약 0.14g/cm^2 (13.1%), 전신골밀도에 비해 약 0.1g/cm^2 (9.5%) 유의하게 ($p < .05$) 낮았다.

2. 연령 증가에 따른 골밀도 분석 결과

요골·대퇴골·전신 골밀도와 전신 골무기질량의 연령 증가에 따른 결과는 <표 5>에서 보는 바와 같다.

표 5. 연령 증가에 따른 신체부위별 골밀도 분석 결과

분 류	13세	14세	15세	F	Post-hoc
요골 골밀도 (g/cm ²)	0.98±0.11 ^a	1.02±1.10 ^b	1.09±0.12 ^c	17.460*	a-c b-c
대퇴골 골밀도 (g/cm ²)	0.91±0.12 ^a	0.92±0.10 ^b	0.95±0.13 ^c	2.263	· ·
전신 골밀도 (g/cm ²)	0.99±0.07 ^a	1.01±0.06 ^b	1.05±0.07 ^c	12.142*	a-c b-c
전신 골무기질량 (g)	1849±299 ^a	1986±249 ^b	2101±348 ^c	11.692*	a-b a-c

Mean±SD, **p*<.05

1) 요골 골밀도 분석 결과

연령 증가에 따른 요골 골밀도 분석 결과는 <그림 6>에서 보는 바와 같다.

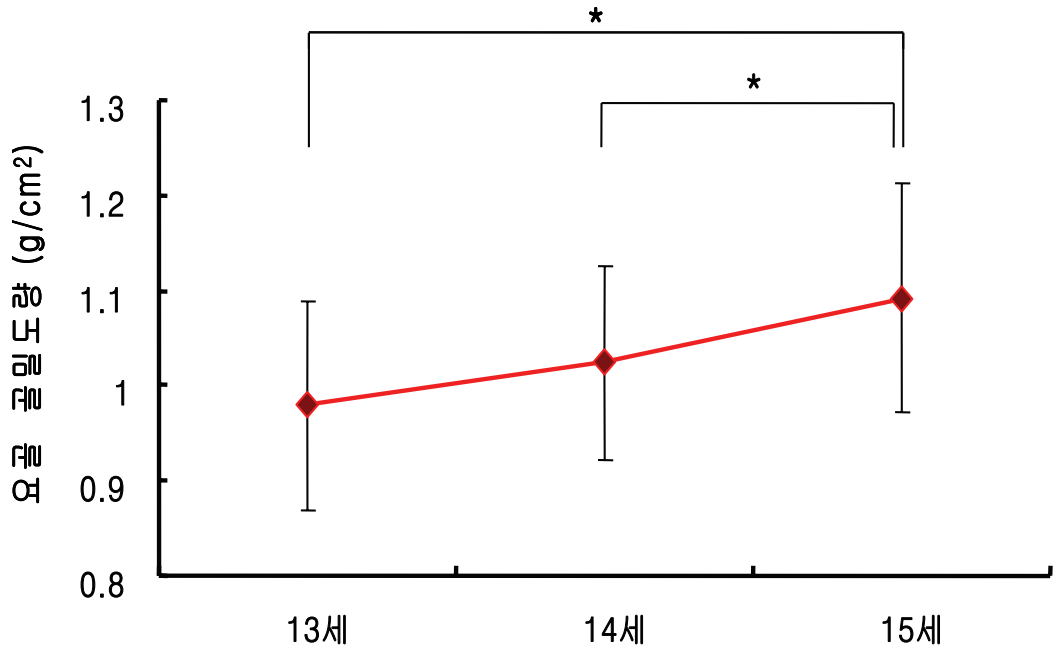


그림 6. 연령 증가에 따른 요골 골밀도

여중생의 요골 골밀도는 연령이 증가함에 따라 약 5.6% 증가를 보였다. 13세의 요골 골밀도는 $0.98 \pm 0.11 \text{g/cm}^2$ 에서 14세 $1.02 \pm 0.10 \text{g/cm}^2$ 로 약 4.6% 증가하였지만 유의한 차이는 나타나지 않았고, 15세는 $1.09 \pm 0.12 \text{g/cm}^2$ 로 13세보다 약 11.5%, 14세보다 약 6.6% 증가하여 유의한 차이($p < .05$)가 나타났다.

2) 대퇴골 골밀도 분석 결과

연령 증가에 따른 대퇴골 골밀도의 분석 결과는 <그림 7>에서 보는 바와 같다.

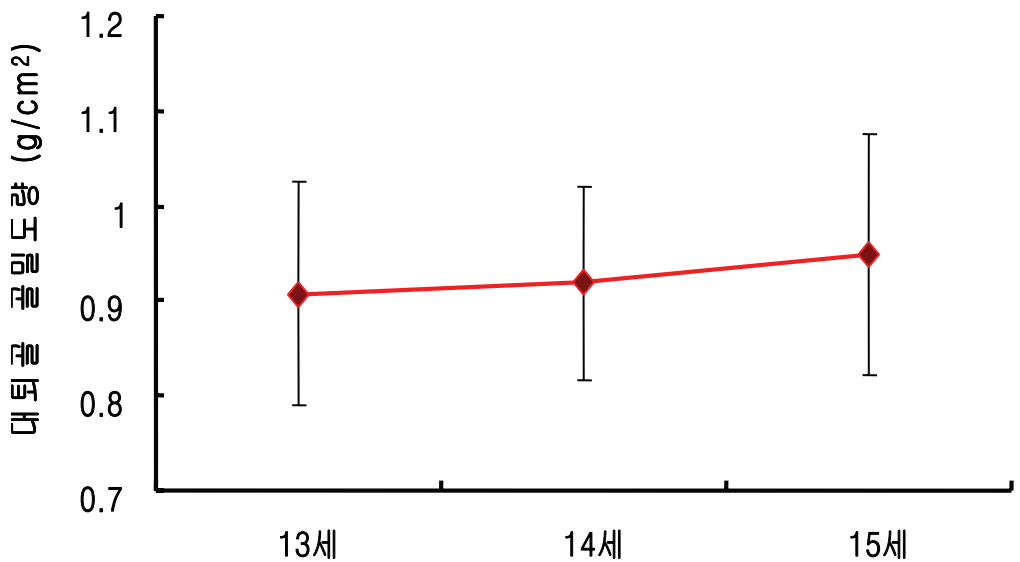


그림 7. 연령 증가에 따른 대퇴골 골밀도

여중생의 대퇴골 골밀도는 13세 $0.91 \pm 0.12 \text{g/cm}^2$, 14세 $0.92 \pm 0.10 \text{g/cm}^2$, 15세 $0.95 \pm 0.13 \text{g/cm}^2$ 로 연령이 증가함에 따라 약 2.3% 증가를 보였지만 각 연령에 따른 유의한 차이($p < .05$)는 나타나지 않았다.

3) 전신 골밀도 분석 결과

연령 증가에 따른 전신 골밀도의 측정 결과는 <그림 8>에서 보는 바와 같다.

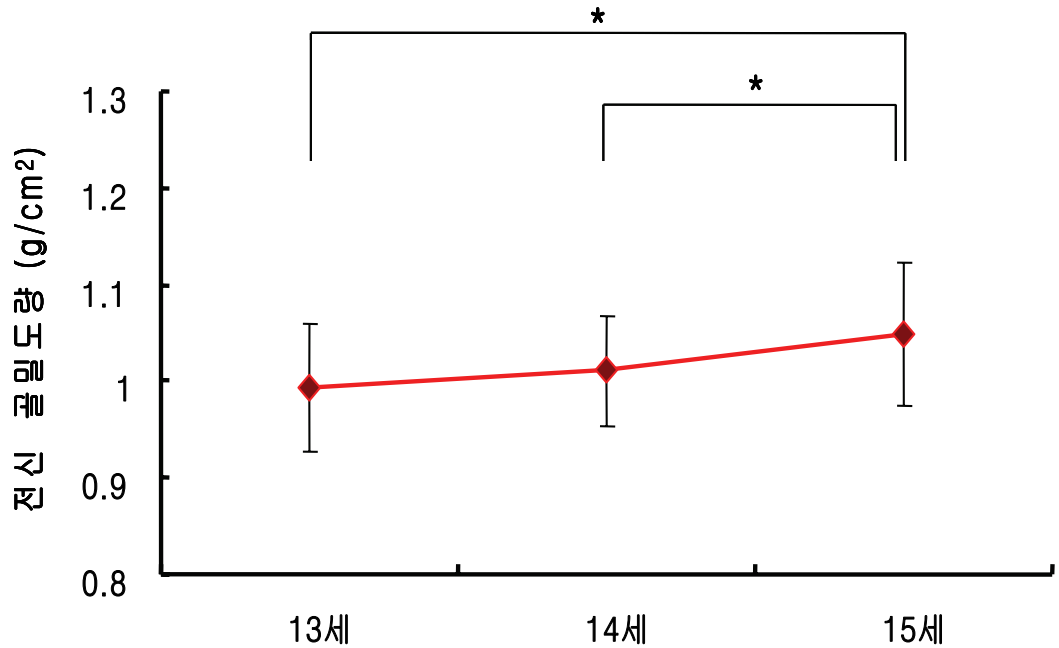


그림 8. 연령 증가에 따른 전신 골밀도

여중생의 전신 골밀도는 연령이 증가함에 따라 약 2.9% 증가를 보였다. 13세 전신 골밀도는 $0.99 \pm 0.07 \text{g/cm}^2$ 에서 14세때 $1.01 \pm 0.06 \text{g/cm}^2$ 로 약 1.9% 증가하였지만 유의한 차이는 나타나지 않았고, 15세에는 $1.05 \pm 0.07 \text{g/cm}^2$ 로 13세보다 약 5.6%, 14세보다 약 3.7% 증가하여 유의한 차이($p < .05$)가 나타났다.

4) 전신 골무기질량 분석 결과

연령별 증가에 따른 전신 골무기질량의 분석 결과는 <그림 9>에서 보는 바와 같다.

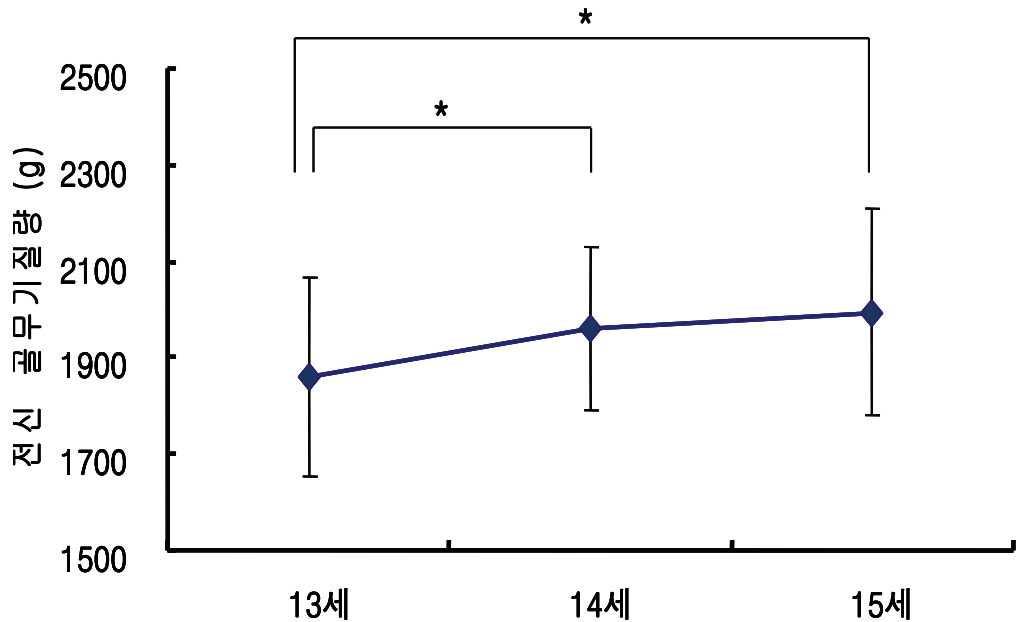


그림 9. 연령 증가에 따른 전신 골무기질량

여중생의 전신 골무기질량은 연령이 증가함에 따라 약 6.6% 증가를 보였다. 13세의 전신 골무기질량은 1849±299g에서 14세때 1986±249g으로 약 7.4% 증가하였고, 15세는 2101±348g으로 13세보다 약 13.6% 증가하여 유의한 차이를 나타냈지만, 14세에서 15세에는 약 5.8% 증가하였지만 유의한 차이($p < .05$)는 나타나지 않았다.

3. 골밀도 및 골무기질량과 신체조성의 상관관계 분석 결과

여중생(13.7±0.9세)의 골밀도 및 골무기질량과 신체조성의 상관관계 분석 결과는 <표 6>, <표 7>에서 보는 바와 같다.

1) 전신 골밀도와 신체조성의 상관관계 분석 결과

전신 골밀도와 신체조성의 상관관계 분석 결과, 측정된 모든 항목에서 정적 상관성이 나타났으며, 그 중 골격근량이 $r=.605(p<.01)$ 로 가장 높았으며 신체 질량지수, 제지방량, 체지방량, 체중, 연령, 신장의 순서로 상관성을 나타냈다.

표 6. 전신 골밀도와 신체조성의 상관관계 분석 결과

분류	여자 중학생 (n=194)							
	골밀도 (g/cm ²)	연령 (yr)	신장 (cm)	체중 (kg)	골격근량 (kg)	체지방량 (kg)	제지방량 (kg)	신체질량지수 (kg/m ²)
골밀도	1	.315**	.306**	.476**	.605**	.484**	.521**	.557**
연령		1	.220**	.196**	.195**	.139	.115	.090
신장			1	.394**	.706**	.208**	.689**	.088
체중				1	.639**	.646**	.540**	.644**
골격근량					1	.615**	.858**	.673**
체지방량						1	.387**	.912**
제지방량							1	.509**
신체질량지수								1

Mean±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$

2) 전신 골무기질량과 신체조성의 상관관계 분석 결과

전신 골무기질량과 신체조성의 상관관계 분석 결과 모든 항목에서 정적 상관을 나타내었다. 특히 신체조성과 골밀도의 상관분석의 결과와 마찬가지로 골격근량이 $r=.814(p<.01)$ 가장 높은 상관도를 보였으며 체지방량, 신체질량지수, 체중, 체지방량, 신장, 연령의 순서로 상관성을 나타냈다.

표 7. 전신 골무기질량과 신체조성의 상관관계 분석 결과

분류	여자 중학생 (n=194)							
	골무기질량 (g/cm ²)	연령 (yr)	신장 (cm)	체중 (kg)	골격근량 (kg)	체지방량 (kg)	체지방량 (kg)	신체질량지수 (kg/m ²)
골무기질량	1	.294**	.567**	.603**	.814**	.594**	.705**	.627**
연령		1	.220**	.196**	.195**	.139	.115	.090
신장			1	.394**	.706**	.208**	.689**	.088
체중				1	.639**	.646**	.540**	.644**
골격근량					1	.615**	.858**	.673**
체지방량						1	.387**	.912**
체지방량							1	.509**
신체질량지수								1

Mean±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$

4. 골밀도 및 골무기질량과 신체조성의 회귀분석 결과

여자중학생(13.7±0.9세)의 신체조성이 전신 골밀도와 골무기질량에 미치는 영향을 서로 비교하기 위해 모든 변인을 표준점수(Z-Score)로 변환하여 중다선형 회귀분석을 실시하였으며 이에 대한 결과는 <표 8>, <표 9>에서 보는 바와 같다.

1) 전신 골밀도와 신체조성의 회귀분석 결과

신체조성이 전신 골밀도에 미치는 결정변수를 규명하기 위하여 회귀 분석한 결과 신체조성이 전신 골밀도에 정적 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 전신 골밀도에 미치는 상대적 영향력은 골격근량($\beta=.364$, $t=4.978$), 신체질량지수($\beta=.291$, $t=4.034$), 연령($\beta=.242$, $t=4.461$)인 것으로 나타났다. 이 요인들은 전신골밀도의 설명력을 약 46% 설명해 주고 있다.

표 8. 표준점수를 이용한 전신 골밀도와 신체조성의 중다회귀분석 결과

분류	B	SE	β	t	p
상수	0	.053		-.002	.999
골격근량	.364	.073	.364	4.978	.000
연령	.242	.054	.242	4.461	.000
신체질량지수	.291	.072	.291	4.034	.000
R = .681		R ² = .456		F = 54.634	
					p = .000

2) 전신 골무기질량과 신체조성의 회귀분석 결과

신체조성이 전신 골무기질량에 미치는 결정변수를 규명하기 위하여 회귀분석한 결과 신체조성이 전신 골무기질량에 정적 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 전신 골밀도에 미치는 상대적 영향력은 골격근량($\beta=.734$, $t=17.363$), 신체 질량지수($\beta=.154$, $t=3.679$), 연령($\beta=.149$, $t=3.708$)인 것으로 나타났다. 이 요인들은 전신 골무기질량의 설명력을 약 71% 설명해 주고 있다.

표 9. 표준점수 이용한 전신 골무기질량과 신체조성의 중다회귀분석 결과

분류	B	SE	β	t	p
상수	.000	.039		.009	.993
골격근량	.734	.042	.734	17.363	.000
연령	.149	.040	.149	3.708	.000
신체질량지수	.154	.042	.154	3.679	.000
R = .841	$R^2 = .707$		F = 152.531		p = .000

5. 여중생의 골밀도 추정식 결과

여중생(13.7±0.9세)의 골밀도 및 골무기질량의 추정식은 전체인원(n=194명)을 대상으로 원점수를 이용하여 산출하였으며 이에 대한 결과는 <표 10>, <표 11>에서 보는 바와 같다.

1) 전신 골밀도 추정식 결과

골밀도를 예측하는 변수로 골격근, 나이 그리고 신체질량지수가 의미있는 변수로 나타났다. 그에 따른 전신 골밀도 추정식은 다음과 같으며 약 45%의 설명력을 보인다.

$$\text{Total BMD} = 0.009 \times \text{골격근량(kg)} + 0.008 \times \text{연령(yr)} + 0.016 \times \text{신체질량지수(kg/m}^2\text{)} + 0.061$$

표 10. 원점수를 이용한 전신 골밀도와 신체조성의 중다회귀분석 결과

분류	B	SE	β	t	p
상수	.464	.061		7.597	
골격근량	.009	.002	.367	4.974	.000
연령	.008	.002	.290	3.984	.000
신체질량지수	.016	.004	.217	3.965	.000
R = .672	R ² = .452	F = 52.286			p = .000

2) 전신 골무기질량 추정식 결과

골무기질량을 예측하는 변수로 골격근량, 연령 그리고 체지방률이 의미있는 변수로 나타났다. 그에 따른 전신 골밀도 추정식은 다음과 같으며 약 71%의 설명력을 보인다.

$$\text{Total BMC} = 82.842 \times \text{골격근량(kg)} + 58.226 \times \text{연령(yr)} + 9.383 \times \text{체지방률(\%)} + 96.175$$

표 11. 원점수를 이용한 전신 골무기질량과 신체조성의 중다회귀분석 결과

분류	B	SE	β	t	p
상수	53.609	96.175		.557	.578
골격근량	82.842	4.782	.733	17.325	.000
연령	58.226	15.435	.152	3.772	.000
체지방률	9.383	2.686	.146	3.493	.001
R = .841	R ² = .707	F = 152.973		p = .000	

V. 고 찰

연령 증가에 따른 골량의 변화는 세 단계로 생의 주기에 따라 성장기, 강화기, 소실기의 단계를 겪게 된다(한국골대사학회, 1991). 골의 성장은 청소년기에 대부분 완료가 되어 여성의 경우 11세부터 14세까지 3년, 남성은 13세부터 17세까지 4년에 걸쳐 골량이 급격하게 증가한다. 여성의 경우 초경 이후 골량의 증가 속도가 급격히 감소하여 17세에서 20세 사이에는 증가가 거의 관찰되지 않지만 점차 증가되어 20~30대 전반에 걸쳐 최고치에 이르러 최적의 골밀도를 이루게 된다(Bonjour et al., 1991).

본 연구에서 13~15세 여중생의 신체부위별 골량의 변화를 살펴보면 13세는 전신 골밀도가 가장 높고, 요골 골밀도, 대퇴골 골밀도의 순서로 낮았으며 14세, 15세는 요골 골밀도가 가장 높고 전신 골밀도, 대퇴골 골밀도의 순서로 낮게 나타났다. 이는 여자중학생의 경우 아직 골밀도 형성이 완전히 이루어지지 않고 계속 증가·변화되고 있는 상태이기 때문이며, 골격계의 여러 부위가 동일한 골밀도로 동시에 발달되는 것이 아니라 부위에 따라 최대 골량의 획득 시기에 차이가 있다는 사실과 일치된다(김명희 등, 2005). 특히 연령이 증가함에 따라 신체를 지지하는 부위인 요골 부위가 유의하게 높아진다는 연구(김혜남, 2005)와 동일한 결과를 나타냈다.

또한 13세에서 15세로 연령이 증가함에 따라 전신 골밀도 및 골무기질량이 해마다 각각 약 3%, 7%의 증가를 보였다. 이는 동일한 연령의 백인을 대상으로 미국의 Maynard et al.(1998)과 Henderson et al.(2002)의 연구와 비교해 보았을 때 13세의 골밀도는 약 3%, 14세는 약 3~5%, 15세는 약 5% 낮은 수치를 보여 유전적·환경적 요인이 기본적으로 작용한다고 볼 수 있으며 흑인이 백인보다 골밀도가 높으며, 동양인이 백인보다 골밀도가 낮게 나타났다는 허민 등(1996)

의 성인을 대상으로 한 연구와 같은 맥락으로 사료되어진다. 또한 13세에 비슷했던 골밀도가 연령이 증가함에 따라 큰 폭의 차이를 보이는 것은 우리나라 청소년의 체격이 서구인과 비슷하게 상승하고 있지만 내적인 측면, 즉 골격근량, 제지방량 등이 저하하기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구의 피검자들의 신체조성과 전신 골밀도 및 골무기질량의 상관관계를 측정된 결과 골격근량과 제지방량에서 높은 정적 상관을 보여 Snow et al.(1991)의 연구와 일치하는 결과를 보였으며 골밀도 측정에 중요한 요인이라는 것을 확인할 수 있었다. 골격근량, 제지방량의 향상은 꾸준한 신체활동을 통해 가능하며 골격에 물리적 힘을 가하지 않으면 소변과 대변중의 칼슘 배설량이 증가되어 골소실이 야기되므로(Risser, 1990) 체중 증가는 골에 기계적인 자극을 높여 골미네랄과 골재형성을 촉진해준다. 특히 Sowers et al.(1992)과 Nicholas et al.(1995)은 골격근량과 제지방량을 통한 체중 증가가 골밀도에 있어 더 중요한 요인이라고 제시하여 골밀도 예방에 있어 운동의 필요성에 대한 설득력을 더하고 있다. 여러 선행연구에서 보고하였듯이 규칙적인 신체활동은 골격손실을 막고 골 건강을 유지하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. Kemper et al.(2000)은 13~17세의 청소년들과 21~27세의 성인 남·여 각각 163명과 139명을 대상으로 그들이 32세가 되었을 때의 골밀도를 추적 조사한 결과 청소년기와 성인기 초기의 활발한 신체활동을 한 운동군은 32세가 되었을 때 골밀도에 있어서 유의하게 높은 수치를 나타내었다고 보고하여 성장기 학생의 신체활동을 통한 근골격량의 증가를 강조하였다.

여자중학생의 골밀도 추정식의 개발은 조기에 골밀도와 골무기질량에 대해 쉽게 접근할 수 있어 자신의 골밀도를 예측 할 수 있는 지표로 활용 가능하리라 사료된다. 우리나라에서 발표한 골밀도 추정식에 대한 선행연구들을 살펴보면 폐경기 여성들을 대상으로 한 연구가 대부분인데 허성은 & 정혜원(2003)은

신장과 체중을 이용해 요골 말단 부위의 골밀도를 예측한 공식을 제안하여 폐경 이후의 여성들에 있어 약 44%의 설명력이 나타났고 이강우 등(2004)은 체중, 체지방, 체표면적을 이용해 전신 골밀도와 골무기질량의 공식을 제안하였는데 각각 약 40%, 50%의 설명력을 나타냈다.

본 연구에서는 골밀도를 예측하는 변인들을 간편하면서 정확하게 측정할 수 있는 항목으로 구성해야 하기 때문에 연령, 신장, 체중, 골격근량, 체지방량, 체지방량, 신체질량지수와 같은 항목으로 하였으며, 성장기의 골밀도는 계속하여 선형으로 증가하기 때문에 중다선형회귀분석의 단계선택법을 이용하여 실시하였다. 그 결과 여자중학생의 전신 골밀도 추정식에 대한 설명력은 약 45%, 전신 골무기질량은 약 71%로 나타났다. 이러한 추정식의 개발은 청소년기 골량 측정의 기초자료가 되어 골밀도를 강화할 수 있고, 성인의 질병을 예방할 수 있는 중요한 자료가 되어진다(Horlick et al., 2004).

우리나라 건강지표는 대체로 양호한 편이나 미래인구의 건강수준은 낙관할 수 없다는 것이 정부의 판단이다. 운동부족, 흡연·음주, 나쁜 식습관 등 좋지 않은 건강형태로 국민 건강수준은 갈수록 나빠질 가능성이 높으며 청소년의 경우 35%가 아침을 거르고 규칙적 운동은 25%만 실시하고 있으며, 33%가 열량 과다섭취를 하며, 중학생 비만율은 05년 25%(98년 15%)에 달하고 있어 체격은 크나 체력은 약해질 것으로 전망(교육인적자원부, 2005)하고 있다. 따라서 건강한 삶을 영위하기 위해서는 생애주기에 따라 건강증진을 위한 다양한 프로그램을 개발하고 강화해야 할 것이다.

VI. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 서울시 S여자중학교에 재학중인 여학생을 대상으로 골밀도와 골무기질량 분석 및 추정식을 개발하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 부위별 골량의 변화를 살펴보면 13세는 전신 골밀도가 가장 높고, 요골 골밀도, 대퇴골 골밀도의 순서로 낮았으며, 14~15세는 요골 골밀도가 가장 높고 전신 골밀도, 대퇴골 골밀도의 순서로 낮아졌다.
- 2) 13~15세로 연령이 증가함에 따라 골밀도는 약 3%, 골무기질량은 약 7%의 증가를 보였다.
- 3) 신체조성과 골밀도 및 골무기질량의 상관분석 결과 측정된 모든 항목에서 정적 상관이 나타났으며 그 중 골격근량이 가장 높은 상관성을 나타냈다.
- 4) 신체조성과 골밀도 및 골무기질량의 표준점수와 원점수간의 설명력은 차이가 없었다.
- 5) 여중생(13.7±0.9)의 전신 골밀도와 골무기질량의 추정식은 다음과 같다.

$$\text{Total BMD} = 0.009 \times \text{골격근량(kg)} + 0.008 \times \text{연령(yr)} + 0.016 \times \text{신체질량지수(kg/m}^2\text{)} + 0.061 \\ (\text{R}^2 = .452)$$

$$\text{Total BMC} = 82.842 \times \text{골격근량(kg)} + 58.226 \times \text{연령(yr)} + 9.383 \times \text{체지방률(\%)} + 96.175 \\ (\text{R}^2 = .707)$$

이상의 결과를 종합해 볼때 청소년기 여중생의 골밀도와 골무기질량 측정 및 추정식의 개발은 골밀도 성장을 평가함에 있어 유용하며, 예방을 위한 운동 프

로그래밍이나 개인의 건강을 객관적으로 평가하는 자료로 활용 할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 제언

향후의 연구에서는 다음과 같은 연구가 필요한 것으로 사료 된다.

- 1) 피험자의 인원수를 증가시킴으로써 보다 신뢰성 있는 연구가 이루어져야 할 것이다.
- 2) 다양한 지역을 대상으로 보다 타당성 있는 연구가 이루어져야 할 것이다.
- 3) 청소년기를 발달 단계별로 나누어 골밀도에 관한 종단적·횡단적 연구가 활발히 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 강무일 (1994). 골교체 생화학적 표지자의 임상적 응용. 대한골대사학회지, 1(2):246-253.
- 교육인적자원부 (2005). 2004년도 초·중등학생 신체검사 결과.
- 김남현 (1999). 골다공증 백과. 민중서관.
- 김명희 (2005). 중년여성의 골다공증에 대한 지식과 인지요인과의 관계. 여성건강간호학회지, 11(1):52-57.
- 김혜남 (2005). 운동의 특성, 월경, 식습관, 신체구성과 골밀도와의 관계. 이화여자대학교 대학원 석사학위.
- 대한골대사학회 (2006). 골다공증 . 한미의학.
- 대한골다공증학회 (2007). 진단 및 치료 지침.
- 민헌기 (1991). 골다공증. 최신의학사.
- 백기현, 강무일 (2005). 골밀도 측정 및 임상적용에 관한 ISCD 공식 견해. 대한내분비학회지, 20(1):1-7.
- 신지은 (2005). 복합운동이 초등학생의 체조성과 건강체력 및 골밀도에 미치는 영향. 경성대학교 체육교육 석사학위논문.
- 신현호, 김상용, 손석준 (2001). 일도시 노인 인구의 골다공증성 골절 발생률 추정. 대한골대사학회지, 8(2):1-7.
- 유영원, 이은남 (2004). 골밀도 검사 후 치료지시 이행정도에 영향을 미치는 요인. 대한간호학회지, 34(1):63-71.
- 이강우, 배종진, 이중철 (2004). 성인여성의 골밀도 예측 방정식 개발. 한국사회체육학회지, 22, 523-533.
- 이지영, 정혜원, 김형래, 안정자, 유한기 (1999). 한국 폐경 여성의 비타민 D수용

- 체의 유전자 아형과 골밀도의 연관성에 관한 연구. 대한산부회지 제, 42(4):880-886.
- 이희자, 최미자 (1996). 한국 여성의 연령별 골밀도와 그에 미치는 영향 인자에 관한 연구. 한국식품영양학회지, 29(6):661-677.
- 장준섭 (1994). 골다공증과 골절, 약업신문사, 한국골대사학회, 20(6):44-49.
- 최승욱, 김근영, 최철순, 최성근, 김태영, 이재문, 양윤권, 김규태 (2007). 건강·스포츠포츠과학, 정담미디어.
- 한국골대사학회 (1991). 골다공증. 최신의학사.
- 허민, 박형무, 서정호, 이재우 (1996). 정량적 전산화단층촬영에 의한 40 세부터 65 세사이의 여성의 골밀도측정. 대한산부인과학회지, 39(6):1107-1113.
- 허성은, 정혜원 (2003), 연령에 따른 한국 여성의 요골 말단 부위의 골밀도. 대한폐경학회, 대한폐경학회지, 9권.
- Bayles, C. M., Cochran, K., Anderson, C. (2000). The psychosocial aspects of osteoporosis in women. Nurs Clin North Am. 35(1). 279-286.
- Bonjour, J. P., Theintz, G., Buchs, B., Slosman, D., Rizzoli, R. (1991). Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. J Clin Endocrinol Metab. Sep;73(3):555-63.
- Cadogan, J., Blumsohn, A., Barker, M. E., Eastell, R. (1998). A longitudinal study of bone gain in pubertal girls: anthropometric and biochemical correlates. J Bone Miner Res 13(10):1602-1612.
- Cooper, C. (1997). The Crippling consequences of fractures and their impact on quality of life, Am J Med, 18(103 2A).12S-17S.
- Faulkner, K. G. (1998). Bone densitometry: choosing the proper skeletal site

- to measure. *J Clin Densitom.* Fall;1(3):279-85.
- Hamdy, R. C., Petak, S. M., Lenchik, L. (2002). Which central dual X-ray absorptiometry skeletal sites and regions of interest should be used to determine the diagnosis of osteoporosis?, *J Clin Densitom* , 5:S1 1-7.
- JAMA* (1984). Consensus Conference: Osteoporosis. 252(6):799-802.
- Kemper, H. C. G., Bakker, I., Mechelen, W., Post, G. B., Twisk, J. W. R. (2000). Bone mass of adult males and females is positively related to physical activity in adolescence and young adulthood. *Osteoporosis Int* 11(Suppl 1):S1-64.
- Kennie, D., Reid, J., Richardson, I. R., Kiamari, A. A., Kelt, C. (1988). Effectiveness of geriatric rehabilitative care after fractures of the femur in elderly women, *British Medical Journal*, 297, 1083-1086.
- Kanis, J. A. (2000). An update on the diagnosis of osteoporosis. *Curr Rheumatol Rep* Feb;2(1):62-6.
- Kulak, C. A., Bilezikian, J. P. (1998). Osteoporosis : preventive strategies, *Int J Fertil Women*, 43(2):56-64.
- Maynard, L. M., Guo, S. S., Chumlea, W. C., Roche, A. F., Wisemandle, W. A., Zeller, C. M., Towne, B., Siervogel, R. M. (1998). Total body and regional bone mineral content and areal bone mineral density in children aged 8-18 y:the fels longitudinal study, *Am J Clin Nutr* 1998;68:1111 - 7.
- Lenchik, L., Leib, E. S., Hamdy, R. C., Binkley, N. C., Miller, P. D., Watts,

- N. B. (2002). Executive summary international society for clinical densitometry position development conference. *J Clin Densitom*.5:S1-3
- Melton, L. J., Hein, W. W. (1996). Osteoporosis and risk of hip Fracture. *AM J Epidemiol*. 124:254-261.
- Marshall, D., Johnell, O., Wedel H. (1996). Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures.*BMJ*. May 18;312(7041):1254-9.
- Horlick, M., Wang, J., Pierson, RN. Jr., Thornton, J. C. (2004). Prediction models for evaluation of total-body bone mass with dual-energy X-ray absorptiometry among children and adolescents., *Pediatrics*, Sep114(3):e337-345.
- Nicholas, D. L., Sanborn, C. F., Bonnick, S. L., Gench, B., Dimarco, N. (1995). Relationship of regional body composition to bone mineral density in college females. *Med Sci Sports Exerc*, 27:178-182.
- Paier, G. S. (1996). Specter of the crone: The experience of vertebral fracture, *Adv Nurs Sci*, 18(3):27-36.
- Henderson, R. C., Lark, R. K., Newman, J. E., Kecskemthy, H., Fung, E. B., Renner, J. B., Harcke, H.T. (2002). Pediatric Reference Data for Dual X-Ray Absorptiometric Measures of Normal Bone Density in the Distal Femur, *AJR* 178:439 - 443.
- Risser, W. L, Lee, E. J., Leblance, A. D., Poindexter, H. B. (1990). Bone density in amenorrheic femalecollege athletes, *Med Sci. Sports. Exerc* 22(5):570-574.

- Rizzoli, R., Bonjour, J. P. (1999). Determinants of peak bone mass and mechanism of bone loss. *Osteoporosis Int Suppl*(2):S17-S23.
- Snow, H. C., Marcus R. (1991). Exercise, bone mineral density and osteoporosis. *Exerc. Sport SCI. Rev.* 19:351-388.
- Sowers, M. R., Kshirsagar, A., Crutchfield, M. M., Updike, S. (1992). Joint influence of fat and lean body composition compartments on femoral bone mineral density in premenopausal women. *AM. J. Epi.* 136(3):257-265.
- Wright, A. (1998). Nursing intervention with advanced osteoporosis, *Home Health Nurse*, 16(3):1444-1451.

ABSTRACT

A Study on Development of Measurement and Estimation of Bone Mineral Density and Bone Mineral Content in Middle School Girls.

Kim, A-Ram

Physical Education Department

Graduate school

Sungshin Women's University

Osteoporosis has recently made great contributions to the increase in medical expenses in Korea and become an important clinical issue for national health, consequently increasing concerns about its prevention and treatment. However, wrong social atmosphere and living habits are exerting negative effects on the skeletal structure in adolescence, which directly leads to the phenomenon of a decrease in bone mineral density, causing diseases in the skeletal system. Although significant part of bone mineral density is formed in adolescence, most researches in this age group have been conducted only in the West and Korea lacks researches on adolescents in a growth phase with the focus placed only on women at the menopause and in adulthood and on the aged.

The purpose of this study is to measure bone mineral density and bone mineral content in middle school female adolescents to examine their relationship with physical composition and suggest estimation in order to get a more rational understanding of properties of adolescents' growth and development and provide basic scientific data necessary for exercise prescription. 194 girls(aged 13 to 15) were selected from S Girls' Middle School in Seoul and analysis and estimation of physical composition, bone mineral density(BMD), and bone mineral content(BMC) were developed, consequently obtaining the following results.

- 1) As for changes in bone mass for each part, general bone mineral density was highest, followed by radial bone mineral density and that of femur, for 13 year olds and radial bone mineral density was highest, followed by general bone mineral density and that of femur, for 14 and 15 year olds.
- 2) As the age increased, bone mineral density increased by approximately 3% and bone mineral content by approximately 7%.
- 3) After performing correlation analysis between physical composition and bone mineral density and content, positive correlation was found in all items, with skeletal muscle mass showing the highest correlation.
- 4) There was no difference between the standard score and the original score for physical composition and bone mineral density and content.
- 5) The estimation of general bone mineral density and bone mineral content in middle school girls(13.7 ± 0.9) is as follows:

$$\text{Total BMD} = 0.009 \times \text{Skeltal Muscle Mass(kg)} + 0.008 \times \text{AGE(yr)} + 0.016 \times \text{BMI(kg/m}^2\text{)} + 0.061$$

($R^2 = .452$)

$$\text{Total BMC} = 82.842 \times \text{Skeltal Muscle Mass(kg)} + 58.226 \times \text{AGE(yr)} + 9.383 \times \% \text{Body Fat(\%)} + 96.175$$

($R^2 = .707$)

To put the results together, researches on development of measurement and estimation of bone mineral density and bone mineral content in middle school female adolescents are useful in evaluating bone mineral density in a growth phase and can probably be used as data to evaluate exercise programs for prevention or personal health objectively. It is necessary to conduct researches actively on bone mineral density for each developmental stage in adolescence with a larger number of people and various regions.

Key word : Bone Mineral Density, Bone Mineral Content, Body Composition, Middle School Girls.