

체중부하운동이 여대생의 골대사에 미치는 효과

김 주 성¹⁾ · 김 명 희²⁾ · 신 재 신²⁾

서 론

연구의 필요성

골은 일생을 통해 반복되는 골대사과정을 거치며 여기에는 파골세포, 조골세포, 골세포가 관여한다. 마모되거나 손상된 골조직이 파골세포에 의해 분해, 흡수되면 조골세포는 골기질을 형성하여 결손이 나타난 부위를 새로운 조직으로 대체하고 골세포는 각종 미네랄의 이동을 돕게 되는데 이들 세포의 상호작용으로 새로 생성된 골기질의 석회화가 완성될 때 골조직은 항상성을 유지하게 된다(Constantino, 1995; Kim et al., 2000). 그러나 골교체의 긴밀한 균형이 깨어져 골흡수가 증가하거나 골생성이 감소되면 골조직에 미세한 구조적 변화와 골량의 감소가 나타나 골다공증이 된다(Kim et al., 2000; Marcus, Feldman & Kelsey, 1996).

생의 주기에 따른 골의 변화에서 골의 길이성장은 아동기 초기와 청소년기후기 사이에 급격히 일어나 청소년기에 대부분 완료되지만 골량의 축적은 골의 길이 성장이 중단된 이후에도 수년간 계속된다(Recker et al., 1992). 이는 골의 크기가 완성된후 골량이 점진적으로 축적되어 골밀도의 강화가 진행됨을 나타낸다(Motkovic et al., 1994). 최대골량은 정상적인 성장의 결과로서 성취되는 골량의 가장 높은 수준으로 최대골량의 획득시기는 각 골격부위에 따라 10대말에서 20대초반, 20대말에서 30대 중반에 이르기까지 다양한 범위에서 보고되고 있다(Kim et al., 2000; Motkovic et al., 1994; Recker et al., 1992). 그러나 최대골량에 이르고 난 후에는 연령이 증가

함에 따라 골대사율이 감소되어 골밀도는 매년 1%씩 줄어든다. 특히 폐경이후에는 에스트로겐의 감소와 부갑상선호르몬에 대한 골의 민감도가 증가되어 골밀도의 감소가 가속화되는데 이러한 단위 용적내의 골질량과 골강도의 감소는 골다공증으로 이어져 작은 충격에도 쉽게 골절이 일어나게 된다(Greenspan, Dresner-Pollak, Parker, London & Ferguson, 1997). 따라서 최대골량의 획득수준은 인생후반기의 골량을 결정하며 골다공증의 위험에 대한 중요한 예측요인이라 할 수 있다(Motkovic et al., 1994; Rubin et al., 1999). 이는 남성보다 최대골량획득수준이 낮은 여성에서 골건강문제의 발생이 많다는 사실을 통해서도 확인할 수 있다(Genant, Guglielmi & Jergas, 1998; Marcus, Feldman & Kelsey, 1996). 또한 골건강증진을 위한 관리는 골량의 소실이 이미 가속화되는 중년기나 노년기에서 뿐만아니라 골량의 형성기에 있는 청년기의 대상자들도 포함되어야 함을 시사해준다.

개인의 골건강은 가계력과 인종, 성별 등의 수정불가한 유전적 요소에 의해 거의 80%가 결정되며 나머지 20%는 신체적 활동수준과 칼슘섭취, 호르몬 대사와 관련된 질병 및 흡연과 알콜 등의 환경적 요소에 의해 조절된다(Recker et al., 1992; Rubin et al., 1999). 골은 힘의 부하와 변형에 대해 변화하고 적응하는 성질이 있으며 특히 체중부하나 근육의 역동적인 움직임에 이용한 저항운동 등에 의한 힘은 골량과 밀접한 상관관계를 나타낸다(Kim et al., 2000; Snow-Harter, Bouxsein, Lewis, Carter & Marcus, 1992). 체중부하에 의해 뼈에 가해지는 기계적 자극은 골형성과 골재건의 자극인자로 작용하는데 조골세포는 기계적 부하를 감지하여 골기질을 생

주요어 : 골밀도, 운동

1) 일리노이대학교 간호대학, 2) 부산대학교 의과대학 간호학과
투고일: 2004년 2월 17일 심사완료일: 2004년 7월 5일

산하게 된다(Kim et al., 2000). 신체적 활동의 강도가 클수록 골조직에 가해지는 기계적인 힘의 크기도 커지며 이러한 기계적인 힘이 골의 강도를 증가시킨다(Marcus et al., 1996). 저체중이거나 근육이 발달되지 않은 자, 장기간 육체적 활동이 적거나 부동상태인 대상자에서 골밀도가 낮은 것도 이와 관련이 있다. 그러므로 운동은 골건강을 유지시킬 수 있는 방안으로 활용될 수 있다. 또한 운동의 시작 연령이 낮을수록 골밀도 상승효과를 크게 기대할 수 있는데 이는 골격구조가 완성된 이후보다 골량이 형성되는 시기에 기계적 자극을 가할 때 골의 반응도가 더욱 크기 때문이다(Kim et al., 2000). 그러나 현대의 젊은 여성의 경우 편향된 미적 관심으로 인해 저체중을 선호하고 반복적인 체중감량을 위한 식이제한에 의해 영양불균형에 빈번히 노출될 뿐만 아니라 신체활동을 최소화하는 현대 생활양식에 익숙함에 따라(Kjaerbye- Thygesen, Munk, Ottesen & Kruger Kjaer, 2004) 그들의 골건강은 잠재적인 위험에 노출되어 있다(Lappe, 1994; Motkovic et al., 1994; Rubin et al., 1999).

골다공증은 중년기이후 여성에서 그 발생률이 높으며 국내의 경우 골다공증에 의한 사망자가 최근 10년동안 3.5배로 급속히 증가하였고(Korea National Statistical Office, 2002) 전체 여성인구의 30-40%가 골다공증성 골절을 경험하고 있다(Kim et al., 2000). 골다공증은 치료가 되지 않으며 현재 개발된 골다공증의 치료법도 골소실의 진행을 지연시키는 효과를 기대할 뿐, 이미 감소된 골량을 충분히 증가시키기는 어렵다는 한계에 직면해 있다. 특히 골다공증성 골절은 만성적인 통증과 기동성 제한으로 인해 장기적인 의료관리가 요구됨에 따라 신체적, 심리적 측면에서 개인의 삶의 질에 부정적인 영향을 미칠뿐 아니라 사회적으로도 막대한 경제적 손실을 초래한다. 따라서 골다공증과 관련된 건강문제는 질병발생후의 치료개념보다는 질병발생 이전에 시행하는 건강증진 및 관리의 개념에 근거하여 접근될 필요가 있다.

최근들어 간호학에서도 골다공증에 대한 관심이 집중되면서 효과적인 골건강관리를 위한 연구가 시도되고 있으나 의무기록이나 설문지를 통해 일상활동수준 및 생활양식과 골밀도의 관계를 조사하거나 골다공증 예방을 위한 생활양식의 변화로도모하는 교육지침을 제시하는 내용이 대부분이며 건강관리 대상자도 중년 여성이나 노인에 집중되어 있다. 또한 운동의 유용성을 강조하면서도 골건강증진을 위한 구체적인 운동중재의 효과를 골대사나 골밀도 강화 등의 측면에서 검증한 연구는 드문 실정이다. 타 학문분야에서도 다양한 측면에서의 종단적 연구와 실험연구를 통해 운동이 골밀도증가에 유용함을 규명하려는 노력이 이루어지고 있으나 일부 구체화하여 제시된 운동방법이 고가의 기계장비나 특정 시설을 이용하는 경우가 많아 쉽게 활용하는데는 제한점을 가지고 있었다.

이에 본 연구는 일상 생활에서 쉽게 적용할 수 있도록 고안된 체중부하운동이 여대생의 골대사에 미치는 효과를 검증함으로써 골건강증진에 기여하는 중재방안을 모색하고자 시도되었다.

연구목적

본 연구는 체중부하운동이 골대사에 상호 밀접하게 관련되어 있는 골관련 생리지수와 골밀도에 미치는 효과를 검증함으로써 골건강증진을 위한 중재방안의 기초자료를 제공하기 위함이며 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 체중부하운동이 골관련 생리지수에 미치는 효과를 파악한다.
- 체중부하운동이 골밀도에 미치는 효과를 파악한다.

용어정의

- 체중부하운동 : 골격 및 근육에 물리적인 힘을 부하하여 골대사를 자극하기 위한 운동(Snow-Harter et al., 1992)으로 본 연구에서는 주요 골격의 주변 근육을 강하게 수축, 이완시키고 체중을 이용한 물리적 힘이 골격에 가해지도록 관절과 근육의 스트레칭, 빠르게 걷기와 달리기, 승강 운동 및 부분 근육강화운동으로 구성하여 고안된 운동방법을 말한다.
- 골대사 : 파골세포에 의한 골흡수와 조골세포에 의한 골형성이 상호 밀접하게 연결되어 반복적으로 발생하는 골조직의 교체현상으로(Marcus et al., 1996) 본 연구에서는 골조직의 변화를 직접적으로 반영하는 골관련 생리지수와 골밀도의 변화를 포함하여 관찰함을 말한다.

연구 방법

연구설계

본 연구는 여대생에게 골건강증진을 위한 체중부하운동을 적용한 후 그 효과를 평가하는 유사실험연구이다(Figure 1).

연구대상

2001년 1월부터 2월까지 P대학병원에서 이중에너지 방사선 흡수법으로 전완부(요골과 척골), 요추골(1-4), 대퇴골(경부, 전자부, 위드삼각부)의 골밀도를 검사한후 2부위 이상의 신체골격의 골밀도가 세계보건기구가 제시한 T-score기준에 의해 낮은 골밀도이하로 분류되었으나(Marcus et al., 1996) 내분비내과전문의와의 면접을 통해 소모성 질환이나 골대사와 관련된

	0 week	Tx	4 week	Tx	8 week	Tx	12 week
Exp.	O ₁	X	O ₂	X	O ₃	X	O ₄
Con.	O ₁		O ₂		O ₃		O ₄

O₁, O₄= bone-related physiologic parameters & bone mineral density; O₂, O₃= bone-related physiologic parameters;
X= weight-bearing exercise

<Figure 1> Research design

질병이 없는 것으로 판명된 건강한 여성중 본 연구참여를 수락하고 다음의 기준을 충족할 때 최종 선정하였다. B지역내에 거주하는 19-22세 사이의 여대생으로 일상 활동범위와 생활양식이 유사하고, 근골격계 및 내분비계에 영향을 미칠 수 있는 질병이나 약물복용력이 없으며, 난소나 자궁적출 등의 수술경력이 없이 초경이후 월경이 계속되고 있고, 지난 1년간 체중감량을 위한 식이제한이나 3개월 이상의 규칙적인 운동을 한 경험이 없는 자로서 모든 연구참여자는 본 연구기간 중 일상 활동범위나 식이양상에 변화를 주지 않을 것에 동의하였다. 연구개시전 모든 연구참여자는 연구동의서를 작성하였고 각 대상자에게는 연구내용과 검사일정, 검사전 준비사항, 연구자 연락처 등이 표시된 안내서가 제공되었다.

본 연구는 광고를 통해 연구지원자를 구한 후 선정기준을 충족한 대상자를 편의추출에 따라 실험군과 대조군으로 배정하였다. 실험군은 연구자의 지도에 따라 12주간 체중부하운동 프로그램에 참여하였고 대조군은 기존의 일상 활동을 그대로 유지할 것이 요구되면서 연구자와의 정기적인 전화면접을 통해 활동과 식이에서의 변화여부가 관찰되었다. 총 41명의 연구참여자로 연구종료시 실험군 16명, 대조군 16명이 최종 연구참여자로 남아 연구탈락률은 22%이었다. 각 군별 탈락요인을 살펴보면 실험군은 연구개시 2주와 4주후에 귀의 전정기관염증과 위염으로 장기치료가 요구되는 2명이, 9주후에 교통사고로 1명과 장기간 중교수연회 참가로 1명이 탈락하여 총 4명이 실험군에서 제외되었다. 대조군의 경우 본 연구에 영향을 미칠 수 있는 보조식품, 한약 등을 복용한 사실이 밝혀진 2명과 8주간 12시간이상 서서 작업하는 홀서빙 아르바이트를 한 1명, 계획하지 않은 장기 여행으로 2명이 탈락하여 총 5명이 대조군의 최종 분석에서 제외되었다. 연구종료후 모든 연구참여자에게는 골건강관리교육과 골밀도를 포함한 각종 검사 결과에 대한 설명이 연구자와 내분비내과전문의에 의해 제공되었다.

실험처치 및 연구진행

체중부하운동은 골다공증 및 골대사 관련 연구자료와 문헌을 근거로 하여(Bassey, Rothwell, Littlewood & Pye, 1998; Bravo et al., 1996; Dalsky et al., 1988; Harter, 1985; Marcus,

Feldman & Kelsey, 1996; Sung, 1998; Yim, Kyung & Han, 1995) 골건강을 도모하기 위해 추천되는 운동유형을 선별해 낸 후 특별한 보조기구의 사용없이 일상에서 쉽게 적용할 수 있는 체중부하운동내용을 채택하고 운동의 효과를 얻을 수 있는 적정 수행시간을 고려하여 전체 운동방법을 재구성하였다.

운동은 준비운동, 본운동, 정리운동의 3단계로 구성되었다. 준비운동은 주요 근육 및 관절의 유연성을 증진시키고 힘의 부하에 대한 점진적 준비를 위한 스트레칭 동작으로 목, 상지, 체부, 하지 순으로 진행되었다. 본운동은 2부분으로 구분되어 1부에서는 빠르게 걷기 및 달리기로 체중을 실어 팔을 앞뒤로 흔들면서 서서히 보폭과 속도를 높이며 걷다가 골반의 회전과 경사, 무릎의 굴곡과 신전, 발과 발목운동의 각도를 점진적으로 증가시키면서 달리기로 연결하였다. 2부에서는 승강운동 및 부분 근육강화운동으로 계단형 구조물을 이용하여 상하로 스텝운동을 반복하였으며 체중을 실어 팔, 복부와 등, 대퇴근육에 힘의 수축과 이완, 굴곡과 신전을 시도하며 각 부위의 근육강화를 위한 운동을 호흡에 맞춰 반복하였다. 정리운동은 근육 및 각 관절의 피로를 점진적으로 풀어가기 위해 준비운동과 동일한 순서와 내용으로 스트레칭하면서 전체 운동을 정리하였다.

모든 운동은 주4회(화, 수, 목, 금요일), 60분간, 12주동안 시행하였다. 운동시간은 연구기간이 하절기임을 고려하여 과도한 일조량을 피하고 적절한 바람이 불기 시작하는 오후 5시 30분부터 6시 30분으로 하였다. 운동강도는 카보넨공식(Jang, Lee & Lee, 1999)에 근거하여 60-80%강도에서 계산된 목표심박수에 맞춰 설정되었으며 이때의 최대심박수는 220에서 해당 대상자의 나이를 빼어 계산하였다(Sung, 1998). 운동강도의 유지정도를 평가하기 위한 목표심박수의 측정은 본운동중 2회 시행되었는데 빠르게 걷기 및 달리기가 끝난 후 1차 측정하고 승강운동에서 근육강화운동으로 연결될 때 재측정하였다. 체중부하운동은 외부인의 출입이 통제된 학교운동장에서 연구자 및 체육전공자인 연구보조원의 지도하에 실험군 전원이 참석하여 시행하였다. 운동장에는 총 길이 120m의 트랙이 있어서 걷기 및 달리기시 운동거리를 산정할 수 있도록 하였으며 승강운동은 높이 30cm의 콘크리트 구조물을 이용하였다.

연구참여자들은 실험 전에 일반적 특성과 골관련 생리지수,

골밀도를 측정하였고 사후조사에서 골관련 생리지수는 연구개시 4주, 8주, 12주후에 혈액 및 소변을 채취하여 분석하였으며 골밀도는 12주가 경과한 후에 재측정하였다. 또한 매 검사 때마다 선행검사시행후 4주간의 일상생활활동내용, 약물과 식이내용에 대한 구조화된 질문지를 작성하도록 하여 본 연구에 영향을 미치는 요소들에 대한 연구기간중의 변화여부를 관찰하였다.

측정도구

● 골관련 생리지수

골관련 생리지수는 일중 체내분비농도의 차이를 고려하여 모든 검체를 오전 9시-11시 사이에 수집하였다. 혈액검체는 간호사에 의해 전완부 정맥에서 21 gauge needle을 이용하여 5cc를 채혈하고 수집직후 2500rpm으로 10분간 원심분리하여 혈청성분만 추출하였다. 소변검체는 아침 첫소변은 비우고 두 번째 소변을 현장에서 채뇨하여 수집직후 차광처리하였다. 수집된 모든 검체는 섭씨 -70℃에서 동결보관하였으며 기간별 검체의 수집이 완료된 후 P대학병원 핵의학과와 진단검사실에서 동시 분석하였다. 모든 검체는 2회분석한후 그 평균값을 본 연구결과로 채택하였으며 각 생리지수의 검사방법 및 분석 kit는 다음과 같다.

방사성동위원소를 표식자로 이용하여 항원항체반응을 추적하는 면역방사계측법(immunoradiometric assay)에 의해 오스테오칼신(osteocalcin)은 ELSA-OSTEO(CIS bio international, France)로, 인슐린유사성장인자 I (insulin-like growth factor I : IGF-I)는 DSL-2800 ACTIVETM Non-Extraction IGF-I IRMA (DSL Inc., USA)를 이용하여 측정하였으며 부갑상선호르몬(parathormone intact : PTH-I)은 Coat-A-Count Intact PTH IRMA(DPC, USA)를 사용하여 분석하였다. 요중 테옥시피리딘올린(urinary deoxypyridinoline)은 효소를 표식자로 이용하여 항원항체반응을 사정하는 효소면역측정법(enzyme immunoassay)으로 Pylrilinks-D(Metra Biosystems Inc., U.S.A)을 사용하여 측정하였으며 분석한후 요중 크레아티닌(urine creatinine)값으로 보정하여 최종 측정값을 구하였다. 혈중 칼슘(serum calcium)은 O-Cresolphthalein Complexone과 결합하여 적자색 착화합물이 형성되며 인(serum phosphorus)은 Phosphomolybdic acid법을 적용하여 청색으로 발색되는 성질을 이용하여 흡광도측정기(Photometer, Hitachi 7600-110, Japan)를 사용하여 분석하였다.

● 골밀도

골밀도는 골조직의 방사선 투과율차이를 반영하여 골밀도를 산출하는 이중에너지 X-선 흡수계측법(Dual Energy X-ray Absorptiometry: DEXA)을 이용하여 측정하였다. 골밀도측정기

QDR 4500A(Hologic, USA)를 사용하여 전완부(요골과 척골), 요추골(1-4), 대퇴골경부, 대퇴골전자부, 및 대퇴골위드삼각부의 골밀도를 측정하였다.

자료분석

수집된 자료는 SPSS WIN 10.0을 사용하여 유의수준 0.05를 기준으로 분석하였다.

- 연구대상자의 일반적 특성은 평균과 표준편차, 백분율로 구하고 실험군과 대조군간의 동질성 비교는 χ^2 -test와 t-test로 분석하였다.
- 실험군과 대조군의 골관련 생리지수인 생화학적 골대사지표(오스테오칼신, 테옥시피리딘올린), 인슐린유사성장인자, 부갑상선호르몬, 혈중 칼슘 및 인의 농도변화는 repeated measures ANOVA로 분석하고 실험전후 골밀도변화에 대한 차이 비교는 paired t-test, t-test로 분석하였다.

연구 결과

연구대상자의 동질성 검증

골대사와 관련이 있는 일반적 특성과 골관련 생리지수 및 골밀도에 대해서 실험전 집단간의 유의한 차이는 없었으므로 실험군과 대조군은 동질한 집단이라 할 수 있다<Table 1 & Table 2>.

체중부하운동의 효과

● 골관련 생리지수에 미치는 효과

체중부하운동이 생화학적 골대사지표, 골관련 호르몬 및 미네랄 등을 포함하는 골관련 생리지수에 미치는 효과를 시간경과에 따른 변화로 살펴본 결과는 다음과 같다.

● 테옥시피리딘올린

골흡수지표인 요중 테옥시피리딘올린의 농도는 실험군이 실험전 12.33nmol/mmolCr에서 실험4주후 11.06nmol/mmolCr, 8주후 11.94nmol/mmolCr, 12주후 11.08nmol/mmolCr로 낮아졌으며, 대조군은 실험전 11.06nmol/mmolCr에서 실험4주후 9.75nmol/mmolCr, 8주후 11.50nmol/mmolCr, 12주후에 10.97nmol/mmolCr로 변화하는 경향을 보였다. 체중부하운동후 요중 테옥시피리딘올린의 농도에 대한 실험군과 대조군의 집단간 차이는 유의하지 않았고 시간경과에 따른 변화도 유의하지 않았다. 또한 시간과 체중부하운동에 대한 집단간의 교호작용도 유의하지 않았으므로 12주간의 체중부하운동은 골흡수지표인 테옥시피리딘올린의 요중 농도변화에 영향을 미치지 않았다

<Table 1> Characteristics of subjects

Characteristics	Exp. (N=16)		Con. (N=16)		t or χ^2	p
	M±SD	N(%)	M±SD	N(%)		
Age(years)	20.56±.73		20.75±.93		-.64	.530
Weight(Kg)	55.26±5.05		52.41±3.27		1.89	.068
Height(cm)	161.63±5.01		161.25±4.14		.23	.819
Sleeping hours(hours/day)	6.25±1.13		6.44±1.03		-.49	.627
Menarche(years)	11 - 12	3 (18.8)	4 (25.0)		.50	.777
	13 - 14	9 (56.3)	7 (43.8)			
	15 - 16	4 (25.0)	5 (31.3)			
Menstruation pattern	regular	14 (87.5)	13 (81.3)		.24	.626
	irregular	2 (12.5)	3 (18.8)			
Family history of osteoporosis	Yes	4 (25.0)	6 (37.5)		.58	.446
	No	12 (75.0)	10 (62.5)			

Exp.= experimental group; Con.= control group

<Table 2> Homogeneity test of bone-related physiologic parameters and bone mineral density between experimental group and control group

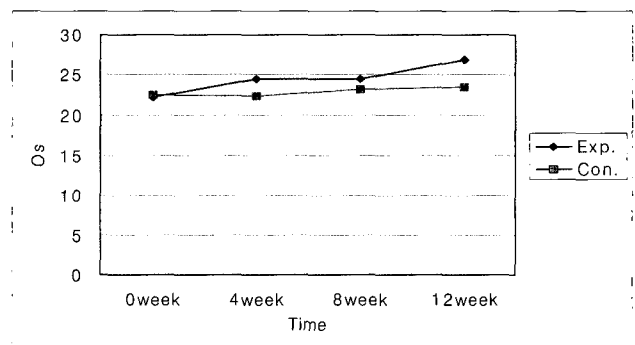
Characteristics	Exp. (N=16)		Con. (N=16)		t	p
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD		
Bone-related physiologic parameters						
Deoxypyridinoline(nmol/mmolCr)*	12.33± 3.03		11.06± 2.70		1.25	.220
Osteocalcin (ng/ml)	22.20± 3.67		22.48± 4.71		-.19	.852
Insulin-like growth factor I (ng/ml)	299.52±68.52		310.38±104.98		-.35	.731
Parathormone(pg/ml)	38.36±12.23		50.33± 33.49		-1.34	.195
Calcium(mg/dl)	9.49± .42		9.48± .32		.05	.962
Phosphorus(mg/dl)	3.83± .44		3.92± .49		-.53	.599
Bone mineral density(g/cm²)						
Forearm	.553±.04		.540±.03		1.15	.259
Lumbar spine	.918±.07		.924±.05		-.28	.783
Femoral neck	.750±.07		.762±.07		-.45	.654
Femoral trochanter	.618±.06		.631±.06		-.63	.531
Femoral ward's triangle	.676±.09		.691±.09		-.49	.628

*urinary deoxypyridinoline

<Table 3>.

• 오스테오칼신

골형성지표인 혈중 오스테오칼신의 농도는 실험군이 실험전 22.20ng/ml에서 실험4주후 24.47ng/ml, 8주후 24.48ng/ml, 12주후 26.84ng/ml로 증가하였으며, 대조군도 실험전 22.48ng/ml에서 실험4주후 22.35ng/ml, 8주후 23.15ng/ml, 12주후 23.44ng/ml로 변화하는 경향을 보였다. 체중부하운동후 혈중 오스테오칼신의 농도에 대한 실험군과 대조군의 집단간 차이는 유의하지 않았고 시간경과에 따른 변화는 유의하였다(F=7.44 p<.0005). 시간과 체중부하운동에 대한 집단간의 교호작용도 유의하게 나타나(F=3.29 p=.024) 12주의 체중부하운동은 골형성지표인 오스테오칼신의 혈중 농도변화에 영향을 미쳤다 <Table 3, Figure 2>.



<Figure 2> Change of osteocalcin(Os)(ng/ml) during 12 weeks

• 인슐린유사성장인자 I

인슐린유사성장인자I의 혈중농도에서 실험군은 실험전 299.52ng/ml, 실험4주후 274.17ng/ml, 8주후 243.66ng/ml, 실험

<Table 3> Changes in bone-related physiologic parameters during 12 weeks

Physiological parameter	Group	Pre test		Post test		F(p)		
		M±SD		M±SD		Group	Time	Group+Time
Dpd(nmol/mmolCr)	Exp.	12.33±	3.03	11.08±	2.47	2.35(.136)	1.90(.135)	.44(.725)
	Con.	11.06±	2.70	10.97±	1.69			
Osteocalcin(ng/ml)	Exp.	22.20±	3.67	26.84±	5.29	.99(.327)	7.44(.0005)	3.29(.024)
	Con.	22.48±	4.71	23.44±	5.23			
IGF-I(ng/ml)	Exp.	299.52±	68.52	263.44±	81.21	1.23(.277)	3.20(.027)	1.45(.235)
	Con.	310.38±	104.98	287.91±	103.24			
PTH(pg/ml)	Exp.	38.36±	12.23	41.11±	14.64	.08(.781)	1.74(.164)	2.67(.052)
	Con.	50.33±	33.49	41.44±	24.60			
Calcium(mg/dl)	Exp.	9.49±	.42	9.36±	.34	.73(.400)	5.67(.001)	2.07(.110)
	Con.	9.48±	.32	9.44±	.24			
Phosphorus(mg/dl)	Exp.	3.83±	.44	4.09±	.22	.18(.679)	3.77(.013)	.25(.864)
	Con.	3.92±	.49	4.06±	.36			

Dpd= urinary deoxypyridinoline; IGF-I= insulin like growth factor I; PTH= parathormone

2주후 263.44ng/ml로 나타났으며 대조군은 실험전 310.38 ng/ml에서 실험4주후 310.67ng/ml, 8주후 302.16ng/ml, 12주후 287.91ng/ml로 나타나 두 집단 모두 감소하는 경향을 보였다. 체중부하운동후 실험군과 대조군간의 혈중 인슐린유사성장인자의 농도는 유의한 차이가 없었으며 시간에 따른 변화는 유의하였으나(F=3.20 p=.027) 시간과 집단간의 교호작용은 유의하지 않았으므로 체중부하운동이 혈중 인슐린유사성장인자의 농도변화에 영향을 미치지 않았다<Table 3>.

• 부갑상선호르몬

부갑상선호르몬분비 동태를 반영하는 PTH-Intact의 혈중농도를 측정시기별로 살펴보면 실험군은 실험전 38.36pg/ml에서 실험4주후 44.76pg/ml, 8주후 47.01pg/ml, 12주후 41.11pg/ml로 나타났고, 대조군은 실험전 50.33pg/ml에서 실험4주후 38.56 pg/ml, 8주후 48.69pg/ml, 12주후 41.44pg/ml로 변화하는 경향을 보였다. 체중부하운동후 혈중 부갑상선호르몬농도는 실험군과 대조군간에 유의한 차이가 없었고 시간에 따른 변화도 유의하지 않았으며 시간과 집단간의 교호작용도 없었으므로 12주의 체중부하운동은 혈중 부갑상선호르몬의 농도변화에 영향을 미치지 않았다<Table 3>.

• 칼슘

혈중 칼슘의 농도는 실험군에서 실험전 9.49mg/dl, 실험4주후 9.24mg/dl, 8주후 9.27mg/dl, 12주후 9.36mg/dl로 변화하였고 대조군은 실험전 9.48mg/dl에서 실험4주후 9.47mg/dl, 8주후 9.29mg/dl, 12주후 9.44mg/dl로 변화하여 두 집단 모두가 감소되는 경향을 나타내었다. 체중부하운동후 혈중 칼슘농도는 두 집단간 유의한 차이가 없었으나 시간에 따른 변화는 유의하게 나타났다(F=5.67 p=.001). 그러나 시간과 집단간의 교호작용이 유의하지 않았으므로 체중부하운동이 혈중 칼슘농도에 영향을 미치지 않았다<Table 3>.

• 인

혈중 인의 농도에 대해 실험군은 실험전 3.83mg/dl, 실험4주후 3.88mg/dl, 8주후 4.02mg/dl, 12주후 4.09mg/dl로 나타났으며 대조군은 실험전 3.92mg/dl에서 실험4주후 3.93mg/dl, 8주후 4.09mg/dl, 12주후 4.06mg/dl로 나타나 두 집단 모두가 증가하는 경향을 보였다. 체중부하운동후 혈중 인의 농도는 두 집단간에 유의한 차이가 없었으나 시간경과에 따른 변화는 유의하였다(F=3.77 p=.013). 시간과 집단간의 교호작용에서는 유의한 차이가 없었으므로 체중부하운동이 혈중 인의 농도변화에 영향을 미치지 않았다<Table 3>.

● 골밀도에 미치는 효과

체중부하운동후 실험군과 대조군의 골밀도를 각 부위별로 살펴보면 <Table 4>와 같다.

전완부의 골밀도에서 실험군은 0.553g/cm²에서 0.552g/cm²로 0.001g/cm²가, 대조군은 0.540g/cm²에서 0.538g/cm²로 0.002 g/cm²의 변화가 나타났지만 실험 전후의 골밀도변화에 대한 두 집단간의 차이는 유의하지 않았다. 요추골의 골밀도에서는 실험군이 0.918g/cm²에서 0.922g/cm²로 0.004 g/cm²가 대조군은 0.924g/cm²에서 0.926g/cm²으로 0.003g/cm²이 증가하였으나 요추골 골밀도 변화에서 두 집단간의 유의한 차이는 없었다.

대퇴골경부의 골밀도는 실험군이 0.750g/cm²에서 0.740g/cm²로 0.010g/cm²가, 대조군은 0.762g/cm²에서 0.751g/cm²로 0.011g/cm²로 감소되는 변화가 있었으나 각 변화에 대한 두 집단간의 차이는 유의하지 않았다. 대퇴골전자부의 골밀도는 실험군이 0.618g/cm²에서 0.624g/cm²로 0.006 g/cm²가 증가한 반면에 대조군은 0.631g/cm²에서 0.615g/cm²로 0.016g/cm²의 감소가 나타나 실험전후 각 집단의 골밀도변화에 대한 두 집단간의 차이가 유의하게 나타났다(t=3.06 p= .005). 대퇴골위

<Table 4> Comparison of bone mineral density(g/cm²) between experimental group and control group

Characteristics	Group	Pre test	Post test	t(p)*	Difference (After-Before)	t(p)
		M±SD	M±SD			
Forearm	Exp.	.553±.04	.552±.02	.04(.970)	-.001±.03	.20(.848)
	Con.	.540±.03	.538±.03	.92(.373)	-.002±.01	
Lumbar spine	Exp.	.918±.07	.922±.07	-.88(.393)	.004±.02	.25(.803)
	Con.	.924±.05	.926±.05	-.75(.462)	.003±.01	
Femoral neck	Exp.	.750±.07	.740±.07	1.56(.140)	-.010±.02	.11(.913)
	Con.	.762±.07	.751±.08	1.57(.137)	-.011±.03	
Femoral trochanter	Exp.	.618±.06	.624±.06	-1.36(.194)	.006±.02	3.06(.005)
	Con.	.631±.06	.615±.06	2.87(.012)	-.016±.02	
Femoral ward's triangle	Exp.	.676±.09	.673±.08	.23(.824)	-.003±.04	-.35(.731)
	Con.	.691±.09	.693±.09	-.27(.791)	.002±.04	

*paired t

드삼각의 골밀도는 실험군이 0.676g/cm²에서 0.673g/cm²으로 0.003g/cm²가 감소되었고 대조군은 0.691g/cm²에서 0.693g/cm²으로 0.002g/cm² 증가하였으나 두 집단간의 차이는 유의하지 않았다.

이상의 결과에서 전완부(요골과 척골), 요추골, 대퇴골경부 및 대퇴골위드삼각의 골밀도는 각 집단의 실험전후 변화에 대해 두 집단간의 차이가 없었으나 대퇴골전자부의 골밀도는 실험군에서 증가한 반면 대조군은 유의하게 감소하여 실험전후 변화에서 두 집단간에 유의한 차이가 있었다.

논 의

골은 조골세포와 파골세포들의 작용에 의해 끊임없는 교체 과정에 놓여 있으며 이 과정에는 부갑상선호르몬과 골수 미세환경에서 유리되는 성장인자, 각종 미네랄의 이동과 상호 균형이 요구된다. 골조직의 상태는 파골세포나 조골세포에서 분비되는 효소나 골의 기질 성분을 분석하는 생화학적 골대사지표와 단위 면적당 골무기질량을 정량적으로 측정하는 골밀도를 이용하여 평가할 수 있다. 이들 검사방법은 골소실의 속도나 골절 위험도의 예측, 골다공증 치료에 대한 반응 및 골조직의 강도를 평가할 때 사용된다.

오스테오칼신은 조골세포에서 합성되어 뼈의 세포외기질에 결합을 하며 혈액으로 유리되는 대표적인 골형성지표이다. 테옥시피리디놀린은 세포외기질에서 콜라겐사슬을 안정시키는 작용을 하는 교차결합물로서 파골세포에 의해 교원질이 분해될 때 유리되어 골흡수를 반영하는 생화학적 표지자이다(Kim et al., 2000). 본 연구에서 12주의 시간이 경과함에 따라 골형성지표인 혈중 오스테오칼신의 농도가 실험군에서 대조군보다 더 크게 증가하여 두 집단의 오스테오칼신 변화양상에 차이가 있었다. 반면에 골흡수지표인 테옥시피리디놀린의 분비는 두 집단 모두에서 유의한 변화를 보이지 않았다. 이러한 결과

는 Lee(2001)의 연구에서 성장기 흰쥐에게 저항운동을 실시한 후 골형성지표인 알칼라인포스파타제는 증가하고 골흡수지표인 테옥시피리디놀린의 배설은 감소됨으로써 저항운동이 성장기 흰쥐의 골형성을 촉진한다는 연구보고와 일치하였다. 또한 Eliakim, Raisz, Brasel과 Cooper(1997)가 사춘기 소년에게 5주간 달리기와 에어로빅 댄스, 웨이트 리프팅 및 농구게임을 병행한 지구력훈련을 실시하여 운동군에서 골형성지표인 오스테오칼신과 알칼라인포스파타제가 유의하게 증가한 반면에 대조군은 골대사지표의 변화가 없었다는 연구결과와도 일치하였다. 그러나 Ryan, Treuth, Hunter와 Elahi(1998)는 폐경후 여성에게 16주간 저항운동을 시행한 결과 골형성지표인 오스테오칼신과 골흡수지표인 엔-텔로캡타이드에는 변화가 없었다고 하였으며 Joung (1999)도 여성노인을 대상으로 12주의 덤벨운동을 실시한후 오스테오칼신이 유의하게 감소한 반면 테옥시피리디놀린의 분비에는 변화가 없었다고 보고함에 따라 선행 연구들에서 생화학적 골대사지표에 미치는 운동의 영향이 서로 상충되게 나타났다.

이러한 연구결과들의 차이에 대해 골의 생리학적 변화과정과 연계하여 생각해 볼 필요가 있다. Havelka, Vavrincova와 Stepan(1993)은 아동기와 청소년기에는 성장호르몬과 성호르몬의 상호작용의 영향을 받아 골형성이 골흡수보다 우세하고 성인기에는 동일한 수준으로 균형을 이루다 노년기에는 골흡수가 골형성보다 우세해진다고 하였다. 따라서 운동이 골대사지표의 변화에 미치는 영향을 평가할 때는 대상자의 연령, 즉 생의 주기에 따른 골대사의 수준을 함께 고려해야 할 것이다. Tsai, Chen, Hwang, Chieng과 Su(1991)가 연령에 따른 혈중 오스테오칼신농도의 변화를 관찰한 연구에서 성인초기에는 혈중 오스테오칼신 농도가 높게 나타나고 40대에는 감소하며 그 이후로 70세까지는 꾸준히 증가하다가 70세 이후에는 다시 감소한다고 보고한 연구결과도 이와 같은 사실을 지지해주고 있다. 즉 청년기의 운동은 골형성을 자극하므로 골형성

지표의 분비가 증가하고 골형성과 골흡수의 결합반응으로 연결되는 골대사의 원리에 따라 추가로 골흡수지표가 증가됨으로써 전체적으로 골대사율이 증가하여 골량의 상승이 나타난다. 그러나 폐경이후에는 인슐린유사성장호르몬, 에스트로겐 등의 분비가 저하되고 부갑상선호르몬의 골민감도가 증가하여 골소실이 가속화되는데 노년기의 운동은 이러한 골소실을 감소시킴으로써 과도한 골흡수에 대한 결합반응으로 증가되어 있던 골형성지표가 운동시 골흡수율의 저하로 인해 감소되는 양상으로 나타나며 골량의 소실을 지연시키게 된다. 본 연구에서 체중부하운동후 시간이 경과함에 따라 실험군에서 오스테오칼신의 증가가 대조군에서보다 더 크게 나타난 것은 운동에 의한 자극으로 골형성이 활성화됨에 따른 것이라 여겨진다. 그러나 골흡수지표인 테옥시피리디놀린의 변화가 없는 것은 본 연구기간이 짧아 골형성과 골흡수의 변화를 충분히 고찰하기에는 시간적 제한이 있었던 것으로 여겨진다. 그러므로 좀더 오랫동안 운동을 지속한다면 골대사 결합반응에 의한 골흡수지표인 테옥시피리디놀린의 변화도 관찰할 수 있을 것으로 추정된다.

인슐린유사성장인자(IGF-I)는 운동과는 무관하게 시간경과에 따라 혈중농도가 감소되는 변화를 나타내었는데 이러한 결과는 장기간의 저항성 트레이닝이 IGF-I의 분비를 촉진할 수 있다는(Adams & McCue, 1998; Fry et al., 1994; Kraemer, Kilgore, Kraemer, Daniel & Castracane, 1994) 연구보고들과는 차이가 있는 것으로 본 연구에서 시행된 12주의 골자극운동은 IGF-I의 분비를 자극하는데에는 효과가 없었다고 여겨지며 운동여부와 관계없이 두 집단 모두에서 IGF-I의 감소가 나타남에 대해서는 보다 장기간의 추후 관찰을 통한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서 부갑상선호르몬(PTH-I)의 혈중농도에는 유의한 변화가 없었으며 혈중 칼슘은 시간이 경과함에 따라 감소된 반면에 혈중 인은 증가되는 변화추세를 나타내었다. 이러한 결과는 운동을 한 여성의 혈중 칼슘농도가 운동을 하지 않은 여성에 비해 낮으며(Rudberg, Magnusson, Larsson & Joborn, 2000) 8주간 운동을 시킨 흰쥐에서 대퇴골과 경골의 총칼슘함량이 운동을 하지 않은 군보다 유의하게 증가되었고 운동에 의해 증가된 뼈의 칼슘함량으로 인해 뼈의 강도가 증가되었다(Lee, 2001)는 연구보고와 비교해 볼 때 본 연구의 체중부하운동은 부갑상선호르몬, 칼슘 및 인의 혈중 농도에 영향을 미치지 못했다. 그러나 체내 칼슘과 인의 대부분이 골격조직에 분포하며 부갑상선호르몬에 의해 이들의 유리가 조절되고 칼슘과 인의 농도는 서로 반비례하여 변화함으로써 부갑상선호르몬과 이들 미네랄의 항상성을 유지한다는 특성을 고려할 때 본 연구에서 부갑상선호르몬과 칼슘, 인의 변화에 대해 두 집단간의 차이가 없이 시간에 따른 변화만 유의하게 나타났다

는 것은 12주 체중부하운동기간중 운동수행여부와는 무관하게 부갑상선호르몬과 칼슘, 인의 분비 및 대사가 체내 항상성을 그대로 유지하였음을 반영하는 것으로 여겨진다. 그러므로 12주간의 연구수행기간중 부갑상선호르몬과 칼슘 및 인은 실험군과 대조군의 구분없이 모든 연구대상자에게서 항상성이 유지되고 인슐린유사성장인자¹와 테옥시피리디놀린의 변화도 실험군과 대조군간에 유의한 차이가 없는 상태에서 시간이 경과함에 따라 실험군의 오스테오칼신의 증가가 대조군보다 더 크게 나타나 유의한 차이를 나타낸 것은 본 연구에서 제시한 체중부하운동이 골대사에 효과가 있음을 설명해주고 있다.

본 연구에서 체중부하운동을 시행한 후 대퇴골전자부의 골밀도가 실험군은 증가한 반면에 대조군은 감소하여 두 집단간에 유의한 차이가 나타났다. 그리고 비록 유의한 수준은 아니지만 요추골 골밀도에서는 실험군이 대조군보다 더 많이 증가하였고 전완부, 대퇴골경부의 골밀도는 두 군 모두 감소되었으나 감소폭은 대조군에서 더 크게 나타남을 고려할 때 본 연구의 운동방법이 장기적으로 적용된다면 골량을 보존하거나 증가시키는 효과를 더욱 현저히 발휘할 수 있으리라 기대된다.

골은 변화하는 유동상태에 있으며 운동방법과 지속기간에 따라 다양한 골격의 변화를 초래할 수 있다(Constantino, 1995; Creighton, Morgan, Boardley & Brolinson, 2001). Dalsky 등(1988)은 폐경여성에게 체중부하운동을 9개월간 시행한 후 요추골밀도의 변화를 고찰한 연구에서 실험군의 골미네랄 함량은 증가하였으나 대조군은 변화가 없었으며 그후 22개월까지 운동을 지속한 집단은 골함량이 더욱 증가한 반면에 9개월 운동후 13개월간 운동정지를 한 집단의 골량은 처음 운동하기 전의 상태로 되돌아가 있음을 관찰하였다. 또한 Bassey와 Ramsdale(1994)는 젊은 여성에게 저장도운동과 고강도운동을 1년간 시행한 후 각 운동강도별 두 집단의 골밀도변화를 관찰한 연구에서 초기 6개월 경과후에는 고강도 운동군의 대퇴골대전자 골밀도가 유의하게 증가하였으나 12개월이 경과했을 때는 저장도 운동군이 고강도 운동군을 앞질러 대퇴골대전자 골밀도에서 유의한 증가가 나타났음을 보고하였다. 따라서 본 연구에서 나타난 각 부위별 골밀도 변화의 차이는 골형성을 자극하는 부하된 힘의 크기와 힘의 부하방향, 적용된 근육의 수축방향과 크기에 관련하여 각 부위의 골이 서로 다른 유동적인 변화상태에 놓여 있기 때문인 것으로 추측된다.

골밀도변화에 대한 운동효과 검증에서도 그 연구결과를 다른 선행연구와 비교할 때는 연구대상자의 연령과 기존의 골건강상태, 운동유형 및 기간에 대해 신중을 기하여 해석할 필요가 있는데 이는 앞서 설명된 바와 같이 성장기 및 청년기에서는 운동이 골형성을 촉진하여 골량을 강화하고 증진시키는 방향으로 작용하는 반면에 장년기와 노년기에는 운동이

골형성을 자극하기 보다는 증가된 골흡수율을 감소시켜 골소실을 방지하는 측면으로 기능을 하기 때문이다. Bassey 등 (1998)이 폐경후 여성보다 폐경전 여성이 운동에 더 민감하게 반응하며 운동이 폐경이전에 이루어질 때 골밀도의 효과적인 증진을 기대할 수 있음을 지적하였다. 따라서 골건강관리를 위한 운동수행은 골흡수율을 지연시킬 수 있는 시기보다는 골형성율을 증진시킬 수 있는 청년기부터 계획되는 것이 바람직하며 남성보다는 여성에서 골량소실이 빠르고 골밀도가 취약하므로(Genant, Guglielmi & Jergas, 1998; Kim et al., 2000) 최대 골량형성기에 있는 젊은 여성에게 골건강관리의 중요성을 더욱 강조할 필요가 있다. 그리고 골격상태의 변화 추이를 정확히 설명하기 위해서는 4-6개월 주기로 3-4회의 연속적인 골밀도의 반복 관찰이 요구된다(Kim et al., 2000)는 점을 고려할 때 본 연구에서 제시한 체중부하운동을 12주 이상으로 장기간 시행하여 지속적인 골량 및 골밀도변화에 대한 관찰이 요구된다.

이상에서 체중부하운동이 골대사에 미치는 효과를 골대사에 관여하는 직,간접적인 지표들의 변화를 통해 고찰하였는데 연구수행기간중 부갑상선호르몬과 칼슘 및 인의 대사가 항상성을 유지한 상태에서 실험군은 시간이 경과함에 따라 골형성 지표인 오스테오칼신의 증가가 대조군보다 더 크게 나타났다. 또한 대퇴골전자부의 골밀도에서 대조군은 감소한 반면 실험군의 골밀도는 증가하여 두 집단간의 차이가 유의하게 나타난 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제시한 체중부하운동은 여대생의 골대사를 자극하여 골량 및 골밀도증진을 도모할 수 있는 중재방안이 될 수 있음을 확인하였다.

결론 및 제언

결론

본 연구는 체중부하운동이 골대사에 미치는 효과를 규명하기 위한 유사실험연구이다. 연구대상은 총 32명의 건강한 여대생으로 2001년 5월 7일부터 7월 28일까지 실험군은 주4회, 60분씩 12주간 관절 및 근육의 스트레칭, 빠르게 걷기와 달리기, 승강운동 및 부분근육강화운동이 포함되는 체중부하운동을 실시하였다. 골대사수준의 평가를 위해 골관련 생리지수는 총 4회 반복측정하였으며 골밀도는 체중부하운동시행 전후에 측정하였고 수집된 자료는 SPSS-WIN 10.0을 이용하여 t-test, paired t-test, χ^2 -test, repeated measures ANOVA로 분석하였다. 본 연구결과는 다음과 같다.

- 체중부하운동후 골관련 생리지수에서 혈중 오스테오칼신의 농도는 시간과 집단간의 교호작용으로 시간이 경과함에 따라 실험군이 대조군보다 더 크게 증가하였다.(F=3.29

p=.024). 요중 데옥시피리디놀린과 혈중 인슐린유사성장인자, 부갑상선호르몬, 칼슘과 인의 농도는 실험군과 대조군간의 차이가 없었으며 시간과 집단간의 교호작용도 없었다. 시간경과에 따른 변화에서는 요중 데옥시피리디놀린과 혈중 부갑상선호르몬의 농도는 시간에 따른 변화가 없었으나 인슐린유사성장인자와 혈중 칼슘은 감소되었고(F=3.20 p=.027; F=5.67 p=.001) 인은 증가하였다(F=3.77 p=.013).

- 체중부하운동후 대퇴골전자부의 골밀도가 실험군은 증가하고 대조군은 감소하여 두 집단간의 골밀도변화에 유의한 차이가 있었다(t=3.06 p=.005). 그러나 전완부와 요추골, 대퇴골경부 및 대퇴골위드삼각의 골밀도 변화에서는 두 집단간에 유의한 차이가 없었다.

이상의 연구결과를 통해 여대생을 대상으로 실시한 12주의 체중부하운동이 생화학적 골형성지표인 오스테오칼신의 분비를 증가시킴에 따라 골대사증진에 기여하였으며 대퇴골전자부의 골밀도 보존과 증진에 기여하였으므로 보다 장기적인 적용이 이루어진다면 골대사증진을 반영하는 직,간접적인 지표의 부가적인 변화도 초래할 수 있을 것이라고 여겨진다. 따라서 본 연구가 제시한 체중부하운동은 쉽고 편리하게 수행할 수 있어 골건강증진을 위한 간호중재로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

제언

본 연구결과를 토대로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

- 12주 이상의 장기간 체중부하운동을 적용함으로써 골대사와 관련된 여러 지표의 역동적 변화를 규명하는 반복연구가 필요하다.
- 본 연구의 체중부하운동을 중년기와 노년기 대상자에게 확대 실시하는 비교연구가 필요하다.
- 체중부하운동을 효과적으로 활성화하기 위한 방안의 모색이 요구된다.

References

- Adams, G. R., & McCue, S. A. (1998). Localized infusion of IGF-I results in skeletal muscle hypertrophy in rats. *J Appl Physiol*, 84(5), 1716-1722.
- Bassey, E. J., Rothwell, M. C., Littlewood, J. J., & Pye, D. W. (1998). Pre and post-menopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *J Bone Miner Res*, 13(12), 1805-1813.
- Bassey, E. J., & Ramsdale, S. J. (1994). Increase in femoral bone density in young women following high-impact

- exercise. *Osteoporos Int*, 4(2), 72-75.
- Bravo, G., Gauthier, P., Roy, P. M., Payette, H., Gaulin, P., Harvey, M., Peloquin, L., & Dubois, M. F. (1996). Impact of a 12-month exercise program on the physical and psychological health of osteopenic women. *J Am Geriatr Soc*, 44(7), 756-762.
- Constantino, N. L. (1995). *The effects of impact on bone mineral density over the course of a sports season*. Unpublished doctoral dissertation, University of Southern California, California.
- Creighton, D. A., Morgan, A. L., Boardley, D., & Brolinson, G. (2001). Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. *News Physiol Sci*, 90, 565-570.
- Dalsky, G. P., Stocke, K. S., Ehsani, A. A., Slatopolsky, E., Lee, W. C., & Birge, S. J. Jr. (1988). Weight-bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Ann Intern Med*, 108(6), 824-828.
- Eliakim, A., Raisz, L. G., Brasel, J. A., & Cooper, D. M. (1997). Evidence for increased bone formation following a brief endurance-type training intervention in adolescent males. *J Bone Miner Res*, 12(10), 1708-1713.
- Fry, A. C., Kraemer, W. J., Stone, M. H., Warren, B. J., Fleck, S. J., Keamey, J. T., & Gordon, S. E. (1994). Endocrine responses to overreaching before and after 1 year of weight lifting. *Can J Appl Physiol*, 19, 400-410.
- Genant, H. K., Guglielmi, G., & Jergas, M. (1998). *Bone densitometry and osteoporosis*. New York: Springer.
- Greenspan, S. L., Dresner-Pollak, R., Parker, R. A., London, D., & Ferguson, L. (1997). Diurnal variation of bone mineral turnover in elderly men and women. *Calcif Tissue Int*, 60, 419-423.
- Harter, C. S. (1985). *The effects of back exercise on bonemetabolism in early postmenopausal women*. Unpublished doctoral dissertation, University of Oregon, Oregon.
- Havelka, S., Vavrincova, P., & Stepan, J. (1993). Metabolic bone status in young women with juvenile chronic arthritis. *J Rheumatol*, 20, Supplement37, 14-16.
- Jang, K. T., Lee, J. R., & Lee, S. J. (1999). *Scientific fundamentals of exercise program*, Seoul: Dahan media publishing company, 381-386.
- Joung, B. J. (1999). *The study of dumbbell exercise on body composition, physical fitness and bone metabolism of elderly women*. Unpublished master thesis, Ewha Womans University, Seoul.
- Kim, K. S., Na, S. K., Son, H. Y., Yang, G. H., Jang, J. S., Choi, Y. G., & Han, I. K. (Eds.), (2000). *Osteoporosis (2nd ed.)*. Seoul: Seohung publishing company.
- Kjaerbye-Thygesen, A., Munk, C., Ottesen, B., & Kruger Kjaer, S. (2004). Why do slim women consider themselves too heavy? a characterization of adult women considering their body weight as too heavy. *Int J Eat Disord*, 35(3), 275-285.
- Korea National Statistical Office (2002). Available : <http://www.nso.go.kr:7001>(29 May 2002).
- Kraemer, R. R., Kilgore, J. L., Kraemer, G. R., Daniel, V., & Castracane. (1994). Growth hormone, IGF-I, and testosterone responses to resistive exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 24(12), 1346-1352.
- Lappe, J. M. (1994). Bone fragility: assessment of risk and strategies for prevention. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs*, 23(3), 260-268.
- Lee, J. H. (2001). *The effects of various exercise types on bone metabolism in growing rats*. Unpublished master thesis, Konkuk University, Seoul.
- Marcus, R., Feldman, D., & Kelsey, J. (Eds.), (1996). *Osteoporosis*. California: Academic Press.
- Motkovic, V., Jelic, T., Wardlaw, G. M., Ilich, J. Z., Goel, P. K., Wright, J. K., Andon, M. B., Smith, K. T., & Heaney, R. P. (1994). Timing of peak bone mass in Caucasian females and its implication for the prevention of osteoporosis. *J Clin Invest*, 93, 799-808.
- Recker, R. R., Davies, K. M., Hinders, S. M., Heaney, R. P., Stegman, M. R., & Kimmel, D. B. (1992). Bone gain in young adult women. *JAMA*, 268(17), 2403-2408.
- Rubin L. A., Hawker, G. A., Peltekova, V. D., Fielding, L. J., Ridout, R., & Cole, D. E. C. (1999). Determinants of peak bone mass:clinical and genetic analysis in young female Canadian cohort. *J Bone Miner Res*, 14(4), 633-643.
- Rudberg, A., Magnusson, P., Larsson, L., & Joborn, H. (2000). Serum isoforms of bone alkaline phosphatase increase during physical exercise in women. *Calcif Tissue Int*, 66(5), 342-347.
- Ryan, A. S., Treuth, M. S., Hunter, G. R., & Elahi, D. (1998). Resistive training maintains bone mineral density in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int*, 62, 295-299.
- Sung, D. J. (1998). *Exercise prescription program for public health promotion*. Seoul: HongKyung Publishing Company, 433-448.
- Snow-Harter, C., Bouxsein, M. L., Lewis, B. T., Carter, D. R., & Marcus, R. (1992). Effects of resistance and endurance exercise on bone mineral status of young women: a randomized exercise intervention trial. *J Bone Miner Res*, 7(7), 761-769.
- Tsai, K. S., Chen, J. S., Hwang, K. M., Chieng, P. U., & Su, C. T. (1991). Age-related changes in vitamin D metabolites, osteocalcin, alkaline phosphatase and parathyrin in normal chinese women in Taipei. *J Formosan Med Assoc*, 90(11), 1033-1037.
- Yim, M. J., Kyung, N. H., & Han, I. G. (1995). The study of the exercise prescription for increasing bone density in 20-60's women. *Kor J Gerontol*, 5(1), 30-34.

Effects of Weight-Bearing Exercise on Bone Metabolism in College Women

Kim, Ju-Sung¹⁾ · Kim, Myung-Hee²⁾ · Shin, Jae-Shin²⁾

1) Postdoctoral fellow, University of Illinois at Chicago, College of Nursing

2) Professor, Department of Nursing, Pusan National University

Purpose: This study was done to identify the effects of weight-bearing exercise(WBE) on bone metabolism. **Method:** WBE was performed for 12 weeks by healthy college women. Bone-related parameters were measured four times during this period by evaluating the immunoradiometric assay and enzyme immunoassay. Bone mineral densities(BMDs) were measured by dual energy x-ray absorptiometry before and after the WBE program. Data was analyzed using t-test, paired t-test, χ^2 -test, and repeated measures ANOVA. **Result:** Osteocalcin, a bone formation marker, increased more in the experimental group than in the control group based on the interaction between time and group($F=3.29$ $p=.024$). Little difference between the two groups was found for the other parameters: urinary deoxypyridinoline, insulin-like growth factorI, parathormone, serum calcium, and serum phosphorus without showing any time interaction between the groups. The femoral trochanter BMD rose in the experimental group while that of the control group fell, showing a significant difference for BMD($t=3.06$ $p=.005$). However, there was no significant difference between the two groups for changes in BMD of the forearm, lumbar spine, femoral neck, and femoral ward's triangle. **Conclusion:** These findings supported the WBE is beneficial for increasing bone formation in college women and long-term application is needed to substantiate the effects of WBE as a intervention in promotion of bone-health.

Key words : Bone mineral density(BMD), Exercise

• Address reprint requests to : Kim, Myung-Hee

Department of Nursing, Pusan National University

10, Ami-dong, Seo-Ku, Busan 602-739, Korea

Tel: +82-51-240-7750 Fax: +82-51-248-2669 E-mail: myung5312@hanmail.net