

지면반력에 근거한 과거 신체활동정도가 골밀도에 미치는 영향 - 아이오와에 거주하는 한인을 대상으로 -

이 은 남¹⁾ · Mary kathleen Clark²⁾

서 론

연구의 필요성

골량감소로 특징지어지는 골다공증은 골절발생 빈도가 증가함에 따라 세계적으로 중요한 건강문제로 다뤄지고 있다. 골량은 성장기 동안의 골량 획득과 중년기의 골 감소에 영향을 미치는 요인들에 의해 결정된다. 따라서 청소년기에 획득된 최대 골량이 낮은 경우 나이가 들어 발생하는 골다공증 성 골절의 위험 요인이 될 수 있으므로 청소년기에 최대 골량을 극대화시키는 것이 골다공증으로 인한 골절 위험을 감소시키는데 효과적인 예방 전략이라 할 수 있다.

최대 골량은 60-80%가 유전적인 요인에 의해 결정되고 나머지 20-40%가 신체활동과 칼슘섭취, 흡연, 및 약물 복용 등의 환경적 요인과 생활양식요인에 의해 결정되며 그 중에서도 신체활동의 중요성이 여러 문헌(Bailey, McCay, Mirwald, Crocker, & Faulkner, 1999; Kelly, Eisman, & Sambrook, 1990; Slemenda, Miller, Hui, Reister, & Johnston, 1991; Welten et al., 1994)에서 강조되고 있다. 또한 최대 골량에 도달하는 시기는 확실치 않지만 30세 전후라는 것이 지배적이며 최대골량은 이 시기 이전에 행해진 신체활동 수준에 의해 영향을 받는다고 할 수 있다(Groothausen et al., 1997).

지금까지 과거 신체 활동량과 골밀도 간의 관계를 조사한 대부분의 연구들은 신체활동량을 활동의 강도와 빈도 및 지속 시간을 고려하여 에너지 소비량으로 추정하였다. 그러나 Wolff의 법칙에 따르면 뼈는 주어진 하중에 반응하여 골량과

골 분포를 변화시킨다는 점에서 골량은 평상시 주어진 하중이 어느 정도이냐에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 개인의 하중 력(loading history)이란 평상시 주어진 하중들의 합이라고 정의할 수 있으며 이는 하중의 강도와 반복주기에 의해 결정되는데, 하중의 강도가 주기보다 좀 더 중요한 것으로 보고되고 있다(Lanyon, 1992, 1996; Rubin & Lanyon, 1984). Groothausen 등(1997)은 15년 간의 추적 연구에서 지면반력에 근거하여 물리적 강도로 측정된 신체 활동량이 에너지 소비량으로 측정된 신체 활동량보다 골밀도를 좀 더 잘 예측하였음을 보고한 바 있다. 또한 Kemper 등(2000)도 신체활동량을 대사적인 측면(MET)과 물리적인 측면(physical strain)으로 측정하여 회귀계수에 의한 설명력을 비교하였는데 지면반력에 의해 물리적인 측면으로 측정된 것이 요추골과 대퇴골 골밀도를 좀 더 설명한 것으로 보고하였다. 또한 체조같은 체중부하 활동이 수영같은 비 체중부하활동보다 골 상태에 긍정적인 영향을 미친다고 한 연구결과들(Robinson et al., 1995; Taaffe et al.)이나 골에 상당한 충격이나 긴장을 주는 활동이 골 형성 반응을 자극한다는 연구결과(Lanyon, 1999; Taaffe et al., 1997), 그리고 골다공증과 신체활동 간에는 역학관계가 있음을 밝히고 골에 대한 물리적 스트레스를 강조한 Grimston(1993)의 연구를 통해 신체활동량과 골밀도와의 상관성을 조사할 때 단순히 대사적인 측면의 에너지 소비량으로 측정하는 것 보다는 물리적인 측면에서 골에 얼마나 충격을 주는지를 측정하는 것이 좀 더 타당하다고 생각한다.

지금까지 국내에서 과거 신체활동량(lifetime physical activity)과 골밀도 간의 상관성을 체계적으로 조사한 연구는

주요어 : 과거 신체활동 정도, 골밀도

1) 동아대학교 간호학과 부교수, 2) Iowa 대학교 간호대학 부교수
투고일: 2005년 3월 9일 심사완료일: 2005년 3월 21일

찾아보기 어렵고 더구나 지면반력에 근거하여 물리적 강도로 과거 신체 활동량을 측정하여 골밀도와와의 관련성을 조사한 연구는 시도된 바 없다. 특히 한국인의 청소년 시기에 참여한 신체활동 패턴은 서구인과 차이가 있을 것으로 보이며 청소년기에 참여한 일상적인 신체 활동량이 골밀도에 영향을 줄 수 있는 수준인지에 대해서도 조사해볼 필요가 있다.

본 연구를 통해 특정한 부위의 골량에 영향을 미칠 수 있는 신체적 활동시기와 활동수준 및 활동유형에 대한 이해는 연구자들이 향후 골량을 증가시키기 위한 구체적인 중재법을 결정하고 중재 대상자를 선정하는데 기여하게 될 것이다.

연구목적

본 연구의 목적은 한국에서 태어나 고등학교를 졸업한 후 현재 미국에서 살고 있는 한국 성인 여성과 남성을 대상으로 과거 청소년기의 신체 활동수준을 파악하고, 청소년기에 활동수준이 높았던 사람이 활동수준이 낮았던 사람에 비해 현재 높은 골밀도를 보이는 지를 조사하기 위함이다.

연구 방법

연구설계

본 연구는 40세미만의 성인 남녀를 대상으로 지면반력에 근거하여 물리적 강도로 측정한 과거 신체 활동정도와 골밀도 간의 관련성에 대한 횡단적 조사연구이다.

연구 대상자

연구 대상자는 한국에서 고등학교를 졸업하고 현재 미국 아이오와에 거주하고 있는 20세 이상 40세 미만의 여성 60명과 남성 40명으로 하였으며 연구 목적을 이해하고 연구에 참여하기를 허락한 자로서 다음에 해당하는 자는 연구대상에서 제외하였다.

- 미국에서 태어났거나 고등학교 졸업 이전에 미국에 이주해온 자
- 현재 임신 중이거나 임신 가능성이 있는 여성
- 골밀도에 영향을 미칠 수 있는 스테로이드나 갑상선 제제, 여성호르몬 등을 복용하고 있는 자
- 골밀도에 영향을 미칠 수 있는 위, 장절제술이나 자궁 및 난소 절제술, 척추 후궁절제술을 받은 자

연구 도구

• 골밀도

요추골과 대퇴골 경부, 전자부, Ward 삼각부위 및 총 골격의 골량을 이중에너지 X-선 촬영기(DEXA; Lunar Corporation, Madison, Wis; DPX-Lanalysis Software version 1.3y)를 이용하여 측정하였으며 모든 골밀도 측정은 연구자에 의해 이루어졌다. 본 연구자는 정확한 골밀도 측정을 위해 아이오와 골밀도 센터에서 전문가로부터 2주일간 훈련을 받았으며 도구의 정밀도를 평가하기 위해 매일 Calibration을 실시하였다.

• 신체조성

대상자들은 전자 저울을 이용하여 신발을 벗고 체중을 측정하였고, 신장은 stadiometer를 이용하여 측정하였다. 그리고 체 질량과 체 질량은 이중에너지 X-선 흡수계측법을 이용하여 측정하였다.

• 신체 활동정도 측정도구

과거 청소년기의 신체활동 정도를 측정하기 위해 Friedenreich (1998)에 의해 개발된 Lifetime Physical Activity Questionnaire를 부분적으로 수정하여 사용하였다. 이 도구는 본래 여성의 과거 신체활동량을 사정하기 위해 개발된 도구로 개발당시 6-8주간에 걸쳐 두 번을 측정한 뒤 검사-검사 신뢰도 검증은 한 결과 영역별로 .72에서 .87의 높은 신뢰도를 보고하였다. 이 도구는 과거 직업활동과 여가활동, 가사활동 및 팀 스포츠 활동을 구분하여 체계적으로 조사하도록 개발되었으나 본 연구에서는 과거 직업활동과 여가활동에 팀 스포츠 활동을 포함하여 스포츠 활동으로 측정하였으며 가사활동은 측정하지 않았다. 각 시기별로 참여한 각 스포츠 활동량을 물리적으로 측정하기 위해 각 스포츠 활동의 지면반력(ground reaction force)에 따른 최대 긴장력(peak strain)을 부여하였는데, 지면반력이란 중력으로 인해 지면과 접촉함으로써 발생하는 힘으로 이는 지면에 가해진 힘에 대한 반응으로 생기는 것으로

<Table 1> Ground reaction forces of selected sports activities found in literature expressed in multiple of body weight

Sports activity	Ground reaction force (multiplies of body weight)
Aerobics	2.8
Basketball	4.1-6.0
Gymnastics : somersault	11.0
Judo	1.2-1.6
Soccer	2.1-2.4
Softball	1.6
Sprinting	2.0-5.0
Volleyball	4.8
Walking	1.6

Reference : Groothausen, et al.(1997).

문헌에 나와 있는 기준을 적용하였다<Table 1>. Groothausen 등(1997)에 따르면 모든 신체 활동은 지반 반력에 따라 4개의 범주로 나눌 수 있다. 체중의 4배의 지반 반력이 주어지는 신체 활동에 3점, 체중의 2-4배의 지반반력이 주어지는 신체 활동에는 2점, 체중의 1-2배의 지반반력이 주어지는 신체 활동은 1점, 체중보다 적은 지반반력이 주어지는 활동에 0점을 부여하였으며, 문헌에 나와 있지 않은 스포츠 활동의 최대 긴장력은 다음 기준에 따랐다. 즉 점프력을 요하는 활동은 3점, 회전하거나 스프린트를 요하는 활동은 2점, 간단히 체중만 부하되는 운동은 1점, 비 체중부하 활동에는 0점을 부여하였다<Table 2>. 직업관련 활동에 대해서는 점원이나 비서처럼 거의 앉아있는 활동을 하는 경우 0점, 편의점 점원이나 웨이트리스, 보조간호원, 간호사처럼 서 있거나 걸어 다니거나 가벼운 짐을 운반하는 활동을 1점, 땀을 많이 흘리거나 심박동수의 증가를 가져오는 노동자, 정원사 등에 대해서는 2점을 부여하였다.

청소년 기본법에 의하면 청소년기는 만 9세부터 만 24세 미만까지를 말하는데 본 연구에서는 초등학교, 중학교, 고등학교 및 대학교 시기에 참여한 신체활동을 조사한 뒤 각 신체활동들의 최대 긴장력을 산출하여 스포츠 활동의 경우 최대 긴장력이 2점 혹은 3점인 스포츠에 참여한 그룹을 고강도 활동 그룹, 긴장력이 0점이나 1점인 스포츠에 참여한 그룹을 저강도 활동그룹, 그리고 전혀 스포츠 활동에 참여하지 않은 그룹 등 세 그룹으로 나누어 분석하였다.

한편 직업관련 활동을 조사한 결과 청소년 시기에 규칙적인 직업활동에 참여한 사람은 없어 따로 분석하지 않았다.

● 칼슘섭취 정도 측정도구

Lee, Ahn 및 Kim(2000)에 의해 개발된 간소화된 칼슘 섭취 조사도구를 활용하였으며 본래 이 도구는 30개 식품으로 구성되어 있는데 이중 상위 8가지 식품만으로 1일 칼슘 섭취량의 56.48%를 설명할 수 있는 것으로 보고된 바 있어 8가지 식품으로 칼슘섭취 정도를 점수로 측정하였다. 이 도구를 사용한 이유는 연구 대상자들이 과거에 한국에 거주할 때 섭취했던 음식의 종류와 섭취빈도를 기억하기 용이하도록 하기 위해서다. 섭취빈도는 거의 안먹음 1점에서 월 1회 2점, 월

2~3회 3점, 주 1회 4점, 주 2~3회 5점, 주 4~6회 6점, 매일 1회 7점, 매일 2회 이상 8점으로 측정하여 최저 8점에서 최고 64점의 분포를 보였으며 점수가 높을수록 칼슘섭취 정도가 높은 것을 의미한다.

자료수집 방법

자료수집은 2002년 9월 28일부터 2003년 1월 15일까지 아이오와 대학 골 건강센터에서 실시하였다. 연구대상자에게 연구의 취지와 목적을 설명하고 동의를 받은 뒤 여성의 경우 임신여부를 확인하기 위해 소변검사를 실시하였으며 일반적 특성과 과거 신체활동 정도를 사정하기 위한 설문조사를 1: 1 면접으로 연구자가 직접 실시하였다. 설문조사에 소요된 시간은 약 30분 정도였다. 설문조사를 마친 후 골밀도 측정기에 노출되고 요추골과 대퇴골 및 총 골격 골밀도를 연구자가 직접 측정하였고 측정 및 분석하는데 약 30분 정도 소요되었다.

자료 분석방법

대상자의 일반적 특성과 시기별 운동패턴은 실수와 백분율을 구하였고 각 시기 별로 신체활동 강도에 따른 그룹 별 골밀도 차이를 분석하기 위해 일원변량 분석을 실시하였다.

연구의 제한점

- 본 연구는 미국 아이오와 시에 거주하는 한인 전체를 대상으로 하였으나 연구기준에 맞는 사람이 대부분 유학생들이었기 때문에 연구결과를 확대해석하는데 제한점이 있다.
- 본 도구에서 사용된 칼슘섭취 정도 측정도구는 정확한 칼슘섭취량을 측정하는 것이 아니라 8가지 식품만으로 칼슘섭취 정도를 사정한 것이기 때문에 실제 칼슘섭취량을 정확히 반영했다고 할 수 없다
- 과거 청소년기에 참여한 신체활동에 대한 자료수집은 대상자의 기억에 의존한 후향적 조사이기 때문에 제한점이 있다.

<Table 2> Classification of the peak strain scores based on ground reaction forces and estimation criteria

Peak strain score	Ground reaction forces	Estimation criteria	Examples
3	>4 × body weight	Activities including jumping actions	Basketball, Volleyball gymnastics
2	2-4 × body weight	Activities including sprinting & turning actions	Badminton, baseball, tennis
1	1-2 × body weight	Weight bearing activities	Ballroom dancing, jogging, golf
0	<1 × body weight	All other activities	Bicycling, swimming, Yoga

Reference : Groothausen, et al.(1997).

연구 결과

대상자의 일반적 특성

본 연구 대상자 총 100명에 대한 일반적 특성은 <Table 3> 과 같다. 대상자 가운데 40%가 남성, 60%가 여성이었으며, 여성의 경우 76.7%, 남성의 경우 60%가 30세 이상 40세 미만이었다. 여성 대상자의 평균 연령은 32.09세였고 남성은 31.29세였다. 여성의 경우 98.3%가 비 흡연자인 반면에 남성의 경우 62.5%가 흡연자인 것으로 나타났고, 여성의 경우 45%, 남성의 경우 77.5%가 음주경력이 있는 것으로 조사되었으며 과거 20세 이전의 칼슘섭취 정도는 여성의 경우 64점 만점에 평균 34.53점, 남성은 33.95점이었다.

한편 여성의 평균 체중과 신장은 각각 53.59kg, 160.79cm였고 남성은 각각 71.59kg, 173.08cm였으며 여성의 평균 체 지방량과 체 지방량은 각각 17113.11g, 34460.79g이었고 남성의 평균 체 지방량과 체 지방량은 각각 17413.13g, 52013.86g이었다. 대상자의 평균 골밀도는 여성의 경우 요추골에서

1.163±0.102g/cm², 대퇴골에서 0.971±0.095g/cm² 이었으며 남성의 경우 요추골에서 1.151±0.130g/cm², 대퇴골에서 1.058±0.126g/cm² 이었다.

대상자의 신체활동 패턴

대상자들의 과거 신체활동 참여정도를 보면 초등학교 시절에 어느 한 가지 스포츠라도 규칙적으로 참여한 적이 있는 사람은 46%였으며 전체 대상자 가운데 26%가 긴장력이 2인 스포츠(태권도, 배드민턴, 축구, 테니스, 육상, 에어로빅 등)에 참여하였고, 긴장력이 3인 스포츠(농구, 배구, 체조)에 참여한 적이 있는 사람은 2%에 불과 하였다. 중학교 시절에는 대상자의 35%가 스포츠 활동에 규칙적으로 참여한 경험이 있으며 긴장력이 1인 스포츠(등산, 스키, 달리기, 걷기)에 참여한 사람이 19%로 가장 많았다. 그러나 긴장력이 0인 스포츠, 즉 체중 부하를 하지 않는 자전거 타기와 수영에 참여한 사람이 10%나 되었다.

고등학교 시절에도 긴장력이 1인 스포츠의 참여율이 25%로

<Table 3> General characteristics of subjects

Variable	Categories	Women(n=60)		Men(n=40)	
		N(%)		N(%)	
Age(yr)	20-24	7(11.7)		5(12.5)	
	25-29	7(11.7)		11(27.5)	
	30-34	25(41.7)		14(35.0)	
	35-40	21(35.0)		10(25.0)	
Smoking	Yes	1(1.7)		25(62.5)	
	No	59(98.3)		15(37.5)	
Alcohol	Yes	27(45.0)		31(77.5)	
	No	33(55.0)		9(22.5)	
Anthropometry		Mean	SD	Mean	SD
	Height(cm)	160.79	5.51	173.08	5.80
	Weight(kg)	53.59	6.42	71.59	10.56
	Fat mass(g)	17113.11	4658.98	17413.13	6541.33
BMD*(g/cm ²)	Lean mass(g)	34460.79	2878.87	52013.86	5468.82
	L3-4	1.1632	.1024	1.1511	.1301
	Femur(total)	.9707	.0948	1.0576	.1266
Calcium intake(score)		34.53	7.07	33.95	5.84

* bone mineral density

<Table 4> Lifetime sports activity participation by peak strain(100)

	Elementary		Middle		High		College		Current	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Any sports	46	46	35	35	39	39	64	64	49	49
Peak strain 0	17	17	10	10	8	8	23	23	17	17
Peak strain 1	23	23	19	19	25	25	37	37	32	32
Peak strain 2	26	26	17	17	8	8	25	25	18	18
Peak strain 3	2	2	5	5	12	12	9	9	4	4

Any sports : The number of subjects who have participated any kinds of sports

가장 높았고 다른 시기에 비해 긴장력이 3인 스포츠(농구, 배구, 체조)의 참여율이 12%로 높아졌다. 대학교 시절에는 대상자의 64%가 스포츠 활동에 규칙적으로 참여한 경험이 있는 것으로 나타났으며 다른 시기와 마찬가지로 긴장력 1인 스포츠의 참여율이 37%로 높았고 긴장력이 3인 스포츠 활동의 참여율은 9%로 여전히 낮은 편이었다<Table 4>.

신체조성 변수와 산과력 및 칼슘 섭취와 골밀도간의 상관성

신체조성 변수로 체중과 신장, 체 지방량 및 지방량과 골밀도간의 상관성을 분석한 결과 체중과 체지방량 및 지방량은 여성과 남성 모두의 대퇴골 골밀도와 유의한 상관성을 보였다. 또한 칼슘 섭취수준은 여성의 대퇴골 골밀도와 유의한 상관성을 보였으며 산과력 중 출산횟수는 요추골 골밀도와, 수유기간은 요추골 및 대퇴골 골밀도와 유의한 상관성을 보였다<Table 5>. 골밀도에 영향을 미치는 제 변수들의 영향을 통제하기 위해 각 시기별로 활동강도 그룹별 제 변수의 차이를

분석한 결과 여성에서는 제 지방량만 초등학교와 고등학교 시기에 활동강도 그룹에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다<Table 6, Table 7>.

시기별, 강도별 골밀도 차이 분석

모든 대상자를 초등학교, 중학교, 고등학교, 대학교 등의 각 시기별로 참여한 운동의 강도에 따라 세 그룹으로 나누어 골밀도 차이를 분석하였다. 각 시기에 여러 강도의 스포츠에 참여한 경우 가장 높은 점수의 최대 긴장력을 대표치로 선택하여 최고치가 2점 혹은 3점인 스포츠 활동에 참여한 그룹을 고강도 활동 그룹, 최고치가 0점이나 1점인 스포츠에만 참여한 그룹을 저강도 활동그룹, 전혀 신체활동에 참여하지 않은 그룹 등 세 그룹으로 나누어 분석하였다.

여성의 경우 요추골에서는 초등학교, 중학교, 고등학교, 대학교 모든 시기에 고강도 스포츠에 참여한 대상자의 골밀도가 제일 높았으나 그룹 간 차이는 유의하지 않았다. 반면에

<Table 5> Correlation between extraneous variables and bone mineral density

Variable	Women(60)		Men(40)	
	L 3-4	Femur(total)	L 3-4	Femur(total)
Weight(kg)	.209	.485**	.304	.505**
Lean mass(g)	.165	.505**	.253	.531**
Fat mass(g)	.165	.304*	.243	.333*
Calcium intake(score)	.108	.300*	.257	.150
Parity	.293*	.229	-	-
Feeding(month)	.303*	.275*	-	-
Smoking(cigarettes)	-	-	.057	.158

* <0.05 **<0.01

<Table 6> Comparison of calcium intake, feeding month, parity, weight, fat mass, & lean mass for physical activity during period in women

Elementary	N	Calcium intake		Feeding month		Parity		Weight		Fat mass		Lean mass	
		Mean	p	Mean	p	Mean	p	Mean	p	Mean	p	Mean	p
No activity	34	35.21	.358	4.00	.720	1.15	.127	52.73	.500	17126.87	.988	33596.39	.024
Low intensity	14	32.14		4.43		0.93		54.72		16964.17		35797.47	
High intensity	12	35.42		5.67		1.67		54.73		17113.11		35350.45	
Middle school													
No activity	44	35.07	.402	4.50	.786	1.20	.150	52.89	.266	16813.79	.487	34082.24	.241
Low intensity	7	31.14		5.43		1.71		54.00		16761.44		35381.92	
High intensity	9	34.56		3.33		0.78		56.72		18849.98		35595.03	
High school													
No activity	43	34.28	.832	4.09	.604	1.19	.984	52.48	.084	16530.25	.310	33952.46	.032
Low intensity	13	34.77		4.69		1.23		56.92		18565.13		36294.50	
High intensity	4	36.50		7.25		1.25		54.79		18659.75		33965.79	
College													
No activity	22	33.27	.352	4.42	.570	1.36	.200	51.97	.230	16478.88	.168	33537.09	.130
Low intensity	22	34.27		3.71		0.91		55.30		18585.75		34713.07	
High intensity	16	36.63		7.00		1.38		53.49		15960.29		35383.99	

<Table 7> Comparison of weight, fat mass, & lean mass for physical activity during period in men

Elementary	N	Weight		Fat mass		Lean mass	
		Mean	p	Mean	p	Mean	p
No activity	20	70.33		16864.61		51347.68	
Low intensity	4	65.86	.256	14695.07	.477	49062.79	.254
High intensity	16	74.62		18778.28		53584.37	
Middle school							
No activity	21	70.22	.633	1738.43	.932	51115.36	.374
Low intensity	9	71.97		17903.86		51806.39	
High intensity	10	74.15		17758.32		54087.41	
High school							
No activity	18	68.97	.274	16273.19	.429	50704.38	.369
Low intensity	10	71.82		17024.52		52555.48	
High intensity	12	75.36		19446.86		53526.71	
College							
No activity	14	71.35	.506	17279.69	.285	51975.75	.977
Low intensity	8	75.41		20555.63		52386.33	
High intensity	18	70.10		16120.24		51877.95	

<Table 8> Comparison of bone mineral density for physical activity during period in women

Period	Activity level	N	Lumbar ₃₋₄				Femur (total)			
			Mean	SD	F	p	Mean	SD	F	p
Elementary	No activity	34	1.1467	.1020	2.451	.095	.9470	.0899	2.582	.084
	Low intensity	14	1.1550	.0924			1.0001	.1114		
	High intensity	12	1.2201	.1025			1.0027	.0733		
Middle	No activity	44	1.1543	.1075	1.660	.199	.9610	.0872	0.908	.409
	Low intensity	7	1.1472	.1159			.9891	.1470		
	High intensity	9	1.2198	.0304			1.0038	.0854		
High	No activity	43	1.1508	.0995	1.146	.325	.9470	.0818	5.475	.007
	Low intensity	13	1.1972	.1214			1.0267	.1142		
	High intensity	4	1.1873	.0290			1.0427	.0501		
College	No activity	22	1.1374	.1274	1.597	.211	.9194	.0842	7.491	.001
	Low intensity	22	1.1648	.0883			.9812	.0809		
	High intensity	16	1.1969	.0739			1.0267	.0945		

<Table 9> Comparison of bone mineral density for physical activity during period in men

Period	Activity level	N	Lumbar ₃₋₄				Femur (total)			
			Mean	SD	F	p	Mean	SD	F	p
Elementary	No activity	20	1.1023	.1290	3.134	.055	1.0101	.1423	3.889	.029
	Low intensity	4	1.2004	.1032			1.0442	.0763		
	High intensity	16	1.2000	.10202			1.1202	.0872		
Middle	No activity	21	1.1081	.1414	2.755	.077	1.0178	.1351	3.424	.043
	Low intensity	9	1.1841	.0845			1.0612	.1244		
	High intensity	10	1.2119	.1301			1.1377	.0652		
High	No activity	18	1.1037	.1564	2.984	.063	.9920	.1146	5.860	.006
	Low intensity	10	1.1588	.0546			1.0883	.1282		
	High intensity	12	1.2160	.1071			1.1303	.0968		
College	No activity	14	1.1269	.1391	.445	.644	1.0451	.1375	0.314	.732
	Low intensity	8	1.1488	.1759			1.0395	.1121		
	High intensity	18	1.1712	.1019			1.0753	.1266		

대퇴골에서는 모든 시기에 고강도 스포츠에 참여한 대상자의 골밀도가 제일 높았으며 특히 고등학교($F=5.475$, $p=.007$)와 대

학교 시절($F=7.491$, $p=.001$)에 고강도 스포츠에 참여한 사람은 스포츠 활동을 전혀 하지 않은 사람보다 골밀도가 유의하게

높았다. 그러나 저강도 그룹과 고 강도 그룹간 차이는 유의하지 않았다<Table 8>.

또한 남성의 경우 요추골에서는 초등학교, 중학교, 고등학교, 대학교 모든 시기에 고강도 스포츠 활동에 참여한 대상자의 골밀도가 제일 높았으나 그룹간 차이는 유의하지 않았다. 반면에 대퇴골에서는 대학시절을 제외한 모든 시기에 고강도 스포츠에 참여한 대상자는 전혀 스포츠 활동을 하지 않은 대상자보다 골밀도가 유의하게 높았다. 그러나 저강도 그룹과 고강도 그룹간 차이는 유의하지 않았다<Table 9>. 한편 골밀도에 영향을 미치는 것으로 나타난 변수 중 여성의 경우 초등학교와 고등학교 시기에 그룹 간 차이를 보인 제 지방량의 영향을 배제하기 위해 이를 공변량으로 하여 다시 강도그룹별 골밀도 차이를 분석한 결과 고등학교와 대학교 시기에 고강도 스포츠에 참여한 대상자의 대퇴골의 골밀도는 스포츠 활동을 전혀 하지 않은 사람보다 유의하게 높았다.

논 의

본 연구에서는 지면반력에 근거하여 측정된 청소년기의 신체활동 참여정도와 20-40세 성인의 골밀도간의 관련성을 조사하였다. 본 연구 대상자들은 고등학교까지 한국에서 다닌 후 미국에 유학을 온 사람들로써 학동기 때 규칙적으로 스포츠 활동에 참여한 사람은 적은 것으로 조사되었으며 스포츠 활동에 규칙적으로 참여한 사람들도 대부분 저 강도의 운동에 참여한 것으로 나타났다. 이는 20-25세 북 아이랜드인을 대상으로 신체활동량과 골밀도간의 상관성을 조사한 Neville 등(2002)의 연구에서 남성의 경우 대상자의 45.2%가 고강도의 스포츠인 미식축구에 규칙적으로 참여하였으며, 여성의 경우 32.2%가 걷기에 참여한 것과는 대조적인 결과이며, 13-29세의 네덜란드인을 대상으로 신체활동량과 골밀도간의 상관성을 15년간 종단적으로 조사한 Kemper 등(2000)의 연구에서도 대상자들이 12-16세의 학동기 동안 주당 평균적으로 2-3시간 농구, 체조, 배구 등의 고강도 스포츠 활동에 참여한 것과는 차이를 보였다. 또한 아이오와에 거주하는 18-35세의 미국 여성들의 과거 신체활동정도와 골밀도간의 상관성을 조사한 Lee와 Clark(2003)의 연구에서도 대상자들의 34.9%가 초등학교 시절에, 그리고 60.5%가 중학교 시절, 52%가 고등학교 시절에 최대 긴장력이 3인 배구, 농구 등의 고 강도 팀 스포츠 활동에 참여한 것으로 보고된 것과는 차이를 보였다. 그러나 본 연구결과만을 갖고 한국과 미국인의 과거 청소년 시절의 스포츠 활동 참여 패턴을 직접적으로 비교할 수는 없다. 특히 본 연구대상자들의 대부분이 유학생들이기 때문에 이들의 스포츠활동 참여패턴은 일반 모집단과는 다를 수 있다.

본 연구에서는 초등학교와 중학교, 고등학교, 대학교 시기

별로 규칙적으로 참여한 운동의 최대 긴장점수(peak strain score) 중 최고 높은 점수를 대표치로 정하였는데 이는 이전의 동물실험(Lanyon, 1992, 1996; Rubin & Lanyon, 1984)에서 기계적인 자극에 대한 뼈의 적응반응은 최고 강도의 긴장력에 가장 민감하게 반응을 보인다는데 근거를 둔 것이다. 이러한 대표치로 측정된 신체활동정도와 요추골 및 대퇴골 골밀도와의 상관성을 분석한 결과 요추골에서는 여성과 남성 모두 각 시기별로 고강도 그룹이 저강도나 비활동 그룹보다 골밀도가 높았으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 83명의 남성과 99명의 여성을 대상으로 13세부터 27세까지 15년간의 신체활동정도와 요추골 골밀도와의 관계에 대한 종단적 연구를 실시한 Groothausen 등(1997)의 연구에서 10대에 참여한 스포츠 활동의 최대 긴장점수 중 최고치로 측정된 활동정도와 27세에 측정된 요추골 골밀도와는 무관한 것으로 나타난 것과 일치한다. 반면에 최대긴장점수로 측정하지는 않았지만 저강도 스포츠인 수영선수보다는 고강도 스포츠인 체조선수에서 요추골의 골밀도가 높았다고 한 Taaffe 등(1995)의 연구와 달리기 선수에 비해 체조선수의 요추골 골밀도가 높았음을 보고한 Robinson 등(1995)의 연구와는 차이를 보였다. 또한 13-29세의 여성과 남성을 대상으로 13-16세의 청소년기와 21-27세의 성인 초기의 신체활동량과 28세 때의 요추골과 대퇴골 경부의 골밀도간의 상관성을 조사한 15년간의 추적 연구에서 Kemper 등(2000)은 신체활동량을 대사적인 측면(MET)과 물리적인 (physical strain)으로 측정하였는데 회귀계수에 의한 설명력을 비교해보면 물리적인 측면으로 측정된 것이 요추골과 대퇴골 골밀도를 좀 더 설명한 것으로 보고하였다.

본 연구에서 청소년기 동안 스포츠 활동에 참여한 정도를 참여한 운동의 최대긴장 점수 중 대표치로 측정했을 때 요추골의 골밀도와 무관함을 보인 것에 대한 이유를 살펴보면 첫째, 참여한 최대 긴장 점수 중 최고치만을 대표치로 사용하였기 때문에 주어진 긴장력의 다양성이 반영되지 못했을 수도 있다. 이전의 동물실험(Lanyon, 1992, 1996; Rubin & Lanyon, 1984)에서 물리적인 자극에 대한 뼈의 적응반응은 최고 강도의 긴장력에 가장 민감하게 반응을 보이는 것으로 지지되고 있지만 Lanyon이론에 따르면 뼈는 최대강도의 긴장력 뿐 아니라 평상시와 다르게 주어지는 하중에 대해서도 지배된다는 점에서 최대 긴장력외에 뼈에 주어진 긴장력 또한 고려해볼만 하다. 또한 본 연구에서는 하중의 강도만 고려하였고 반복주기와 운동시간은 고려하지 않았는데 추후 연구에서는 다양한 방법으로 신체활동량을 측정하여 비교해볼 필요가 있다. 또한 최대긴장력으로 측정된 신체활동량이 요추골의 골밀도와는 무관함을 보인 반면 대퇴골 골밀도와는 유의한 상관성을 보인 것은 지면반력(ground reaction force)을 활용한 최대 긴

장력이 요추골에 가해지는 힘과 대퇴골에 가해지는 힘이 다를 수도 있음을 시사한다.

한편 본 연구에서 남성과 여성 모두 고등학교 시기동안 참여한 스포츠 활동의 최대 긴장력에 따라 대퇴골 골밀도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 이 시기의 스포츠 활동 참여가 중요함을 알 수 있다. 그러나 고강도 그룹과 저강도 그룹과는 유의한 차이를 보이지 않았는데 특히 저강도 그룹에 비체중 부하 그룹이 포함된 것을 고려하면 예상외의 결과라 할 수 있다. 본 연구에서는 여성과 남성을 구분하였을 때 대상자 수가 적고 특히 운동에 참여한 경력이 다양하지 못해 저 강도의 운동군과 비 체중부하 운동군을 구분하지 못하였는데 추후 연구에서는 표본 크기를 크게 하여 고 강도와 저 강도 및 비체중부하 운동에 참여한 사람들의 골밀도와 운동에 참여한 적이 없는 사람과의 골밀도를 비교해 볼 필요가 있다고 생각한다. 또한 본 연구에서의 가장 큰 제한 점은 청소년기 때 참여한 스포츠의 지면반력이 문헌에 전부 나와 있지는 않아 이미 지면반력이 알려져 있는 스포츠와 비교하여 최대 긴장력을 부여한 뒤 Iowa 대학의 운동 전문가 집단에게 타당성을 검토를 받았지만 지면반력을 정확히 반영했다고 보기는 어렵다. 그러므로 향후 한국인이 주로 참여하는 스포츠 활동의 지면반력을 직접 측정하는 연구가 필요하리라 사료된다.

Neville 등(2002)도 20~25세의 북 아이랜드인을 대상으로 지난 1년간의 신체활동량과 요추골과 대퇴골 경부 골밀도간의 상관성을 조사하였다. 이 연구에서는 대상자들이 참여한 스포츠 활동들에 대해 지면반력에 근거한 최대 긴장력을 구하여 주당 참여 횟수와 참여시간을 고려해 활동수준을 산출하여 골밀도와 상관성을 구했다. 연구결과 남성에서만 최대긴장력 점수로 측정된 신체활동수준과 요추골 및 대퇴골 경부 골밀도는 유의한 상관성을 보였고 여성에서는 신체활동수준과 골밀도간에 무관함을 보여 본 연구와 부분적으로 일치하였다. 이 연구에서 연구자는 고강도의 스포츠 활동량이 남성의 최대 골량 상태를 결정하는데 중요함을 보고하였으며 여성에서 이러한 관계를 보여주지 못한 것은 남성에 비해 고강도 스포츠 활동의 참여율이 저조하기 때문인 것으로 설명하였다. 본 연구에서와 마찬가지로 고강도의 스포츠 활동량이 여성에서는 골밀도와 무관함을 보였고 남성에서는 골밀도와 높은 상관성을 보였는데 이는 고강도 스포츠 활동의 뼈에 미치는 영향은 성별에 따라 다르게 나타날 수 있음을 시사한다. 이에 대해 Gunnes 및 Lehmann(1996)과 Matkin, Bachrach, Wang 및 Kelsey(1998)는 뼈에 미치는 신체활동량의 영향은 사춘기 후에 남성에서는 변하지 않으나 여성에서도 약화된다고 발표한 바 있다.

한편 최대 긴장력으로 신체활동량을 측정하지는 않았지만 본 연구와 유사한 결과를 보인 연구로써 Teegarden 등(1995)

은 신체활동량을 에너지 소비량으로 측정하였을 때 고등학교 시기에 참여한 체중부하운동과 비 체중부하운동이 총 골량과 총 골밀도의 유의한 예측요인임을 보고하여 고등학교 시기가 최대골량 형성에 중요한 시기라는 점과 체중부하운동과 비체중부하 운동 모두 중요하다는 점에서는 본 연구결과와 일치한다. 또한 Kannus, Haapasalo, Sievanen, Oja 및 Vuori(1994)도 사춘기 동안의 신체활동량이 16-48세의 요골 골량을 최대화하는데 중요함을 입증하였고, Fehily, Coles, Evans 및 Elwood(1992)도 7-9세 때의 신체활동량이 20-23세 때의 요골 골량과 유의한 상관성이 있음을 보고하여 사춘기 전후의 신체활동량이 중요함을 뒷받침해 주었다.

결론적으로 청소년기 동안의 신체활동량을 물리적인 측면인 최대 긴장력으로 추정하여 요추골과 대퇴골 골밀도와의 상관성을 조사한 결과 남성과 여성 모두 요추골에서는 스포츠 활동의 강도그룹에 따라 골밀도에 유의한 차이가 없었고 대퇴골에서는 남성의 경우 초등학교, 중학교, 고등학교 시기에, 여성의 경우 고등학교와 대학교 시기에 고 강도나 저 강도 스포츠 활동에 참여한 그룹이 전혀 운동을 하지 않은 그룹보다 골밀도가 유의하게 높은 것으로 나타났다. 이상의 연구를 통해 물리적인 측면의 지면반력에 근거하여 측정된 신체활동량이 골밀도에 미치는 영향은 성별에 따라 다르고 동일인에서도 측정 골 부위에 따라 차이를 알 수 있다. 그러나 본 연구의 대상자 수가 적고 특히 유학생 중심으로 수집된 자료라 본 연구결과를 일반화하는데 유의해야 할 것이다.

결론 및 제언

본 연구는 40세미만의 성인 남녀를 대상으로 지면반력에 근거하여 측정된 과거 신체활동정도와 골밀도간의 관련성에 대한 횡단적 조사 연구로써 연구대상자는 한국에서 고등학교를 졸업하고 현재 미국 아이오와 주에 거주하고 있는 20세 이상 40세미만의 여성 60명과 남성 40명으로 하였다. 과거 신체활동 참여정도를 측정하기 위해 Friedenreich(1998)에 의해 개발된 Lifetime Physical Activity Questionnaire(LPAQ)를 부분적으로 수정하여 사용하였으며 청소년시기동안 참여한 신체활동들에 대해 지면반력(ground reaction force)에 근거하여 최대 긴장력을 산출한 뒤 미국 Lunar 사의 이중 에너지 X-선 촬영기를 사용하여 측정된 요추골과 대퇴골 골밀도와의 관련성을 구하였다. 수집된 자료는 SPSS 11.0 version program을 이용하여 ANOVA로 분석하였다. 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

- 요추골에서는 여성과 남성 모두 초등학교와 중학교, 고등학교, 대학교 모든 시기에 고강도 스포츠에 참여한 대상자의 골밀도가 제일 높았으나 그룹간 차이는 유의하지 않았다.

- 대퇴골에서는 여성의 경우 고등학교(F=5.475, p=.007)와 대학교 시절(F=7.491, p=.001)에 고강도 스포츠에 참여한 사람이 스포츠 활동을 전혀 하지 않은 사람보다 골밀도가 유의하게 높았다
- 대퇴골에서 남성의 경우 대학시절을 제외한 모든 시기에 고강도 스포츠에 참여한 대상자는 전혀 스포츠 활동을 하지 않은 대상자보다 골밀도가 유의하게 높았다

이상의 연구결과를 통해 남, 여 공히 고등학교 시기에 고강도 스포츠 활동에 참여하는 것이 성인기에 높은 대퇴골량을 유지하는데 중요함을 할 수 있다. 본 연구결과를 토대로 다음과 같은 추후연구를 제안하고자 한다

- 본 연구에서는 각 시기 별로 참여한 스포츠 활동의 최대 긴장력 중 제일 높은 것을 대표치로 사용하였으나 추후 연구에서는 참여한 스포츠 활동의 최대 긴장력을 모두 합산하는 방법을 사용하여 골밀도와의 관련성을 조사해 볼 필요가 있다.
- 저 강도 스포츠 활동군과 비체중부하 활동군을 구분하여 골밀도와의 관련성을 조사해볼 것을 제안한다.
- 과거 신체활동 참여정도를 물리적인 측면과 에너지 대사 측면으로 측정하여 골밀도와의 관련성을 비교 조사해 볼 필요가 있다.

References

Bailey, D. A., McCay, H. A., Mirwald, R. L., Crocker, P. R. E., & Faulkner, R. A. (1999). A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children ; the university of Saskatchewan bone mineral accrual study. *Med Sci in Sports and Exerc*, 25, 71-80.

Fehily, A. M., Coles, R. J., Evans, W. D., & Elwood, P. C. (1992) Factors affecting bone density in young adults. *Am J Clin Nutri*. 56, 579-586.

Friedenreich, C. M. (1998). The lifetime total physical activity questionnaire : development and reliability. *Med Sci in Sports & Exerc*, 30(2), 266-274.

Grimston, S. K. (1993). Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density in children. *Med Sci in Sports Exerc*, 25, 1203-1210.

Groothausen, J., Siemer, H., Kemper, H. C. G., Twisk, J., & Welten, D. C. (1997). Influence of peak strain on lumbar bone mineral density : an analysis of 15-year physical activity in young males and females. *Pediatric Exercise Science*, 9, 159-173.

Gunnes, M., & Lehmann, E. H. (1996). Physical activity and dietary constituents as predictors of forearm cortical and trabecular bone gain in healthy children and adolescents: a prospective study. *Acta Paediatr*, 85, 19-25.

Kannus, P., Haapasalo, H., Sievanen, H., Oja, P., & Vuori, I. (1994). The site-specific effects of long term unilateral activity on bone mineral density and content. *Bone*, 15, 279-284.

Kelly, P. J., Eisman, J. A., & Sambrook, P. N. (1990). Interaction of genetic and environmental influences on peak bone density. *Osteopor Int*, 1, 56-60.

Kemper, H. C. G., Twisk, J. W. R., Mechelen, W. Van., Post, G. B., Roos, J. C., & Lips, P. (2000). Fifteen-year longitudinal study in young adults on the relation of physical activity and fitness with the development of the bone mass : The Amsterdam growth and health longitudinal study. *Bone*, 27(6), 847-853.

Lanyon, L. E. (1992). Control bone architecture by functional loading bearing. *J Bone Miner Res*. 7 (Suppl.2), S369-S375.

Lanyon, L. E. (1996). Using functional loading to influence bone mass and architecture: objectives, mechanisms, and relationship with estrogen of the mechanically adaptive process in bone. *Bone*, 18 (Suppl.), S37-S43.

Lanyon, L. E. (1999). Taking the strain : Bones, exercise and estrogen. *Welcome Trust Rev*, 8, 18-21.

Lee, E. N., & Clark, M. K. (2003). *Influence of lifetime physical activity based on ground reaction force on the bone mineral density in healthy young women*. Paper presented at the annual meeting of the Korean Academy of Nursing, Seoul.

Lee, J. Y., Ahn, H. S., & Kim, Y. S.(2000). *Development and Validation of a Short Food Frequency Questionnaire for Estimating Calcium Intake*. Unpublished manuscript.

Matkin, C. C., Bachrach, L. Wang, M. C., & Kelsey, J. (1998). Two measures of physical activity as predictors of bone mass in a young cohort. *Clin J Sports Med*, 8, 201-208.

Neville, C. E., Murray, L. J., Boreham, C. A. G., Gallagher, A. M., Twisk, J., Robson, P. J., Savage, J. M., Kemper, H. C. G., Ralston, S. H., & Smith G. D. (2002). Relationship between physical activity and bone mineral status in young adults : the Northern Ireland young hearts project. *Bone*, 30(5), 792-798.

Robinson, T. L., Snow-Harter, C., Taaffe, D. R., Gillis, D., Shaw, J., & Marcus, R. (1995). Gymnasts exhibit higher bone mass than runners despite similar prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea. *J Bone Miner Res*, 10, 26-35.

Rubin, C. T., & Lanyon, L. E. (1984). Regulation of bone formation by applied dynamic loads. *J Bone Joint Surg*. 66A, 397-402.

Slemenda, C. W., Miller, J. Z., Hui, S. L., Reister, T. K., & Johnston, C. C. (1991). Role of physical activity in the development of skeletal mass in children. *J Bone Miner Res*, 6, 1227-1233.

Taaffe, D. R., Snow-Harter, C., Connolly, D. A., Robinson, T. L., Brown, M. D., Marcus, R. (1995). Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone

- mineral status of eumenorrhic athletes. *J Bone Miner Res*, 10, 586-593.
- Taaffe, D. R., Robinson, T. L., Snow-Harter, C., Connolly, D. A., Robinson, T. L., Brown, M. D., Marcus, Teegarden, D., Proulx, W. R., Martin, B. R., Zhao, J., McCabe, G. P., Lyle, R. M., Peacock, M., Slemenda, C., mass in young women. *J Bone Miner Res*, 10, 711-715.
- Welten, D. C., Kemper, H.C. G., Post, G. B., van Mechelen, W., Twisk, J., Lips, P., & Teule, G. J. (1994). Weight bearing activity during youth is a more important factor for peak bone mass than calcium intake. *J Bone Miner Res*, 9, 1089-1096.

Influence of Lifetime Sports Activity Based on a Ground Reaction Force on Bone Mineral Density in Korean Adults

Lee, Eun Nam¹⁾ · Clark, Mary Kathleen²⁾

1) Associate Professor, Department of Nursing, Dong-A University

2) Associate Professor, College of Nursing, University of IOWA

Purpose: The purpose of this study was to retrospectively describe the childhood sports activity level of Korean adult men and women and to determine whether a higher level of childhood sports activity was positively associated with adult bone mineral density. **Methods:** A cross-sectional study of 100 Korean men (n=40) and women (n=60) was completed. Participants completed a detailed lifetime sports activity questionnaire and had their bone mineral density of the femur and lumbar spine measured using dual energy x-ray densitometry (DEXA). All sports activities were classified into four categories of peak strain score on the basis of ground reaction forces (GRF). **Results:** During the age of high school, women and men who participated in a high intensity sports activity demonstrated higher bone density in the femur site after adjustment for the effects of body weight, fat body mass, lean body mass, the level of calcium intake, and breast feeding period than those who did not participate in sports activity at all. **Conclusion:** These results highlight the need to participate in high intensity sports activity during high school age as a means of increasing peak bone mass in the femur site.

Key words : Physical activity, Bone mineral density

• Address reprint requests to : Lee, Eun Nam

Department of Nursing, Dong-A University

3 Ga-1, Tongdaesin-Dong, Seo-Gu, Busan 602-103, Korea

Tel: +82-51-240-2864 E-mail: enlee@donga.ac.kr