DBpia

난소절제한 흰쥐에서 식이칼슘량이 골밀도에 미치는 영향

The Effect of Dietary Calcium Level on Bone Mineral Density and Bone Mineral Content in Ovariectomized Female Rats

저자
(Authors)
김경희 , 최미자 , 이인규
Kim, Kyung Hee, Choi, Mi Ja, Lee, In Kyu

출처
(Source)
한국영양학회지 29(6), 1996.7, 590-596 (7 pages)
The Korean Journal of Nutrition 29(6), 1996.7, 590-596 (7 pages)

발행처
(Publisher)
한국영양학회
The Korean Nutrition Society

URL
http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE01725738

APA Style
김경희 , 최미자 , 이인규 (1996). 난소절제한 흰쥐에서 식이칼슘량이 골밀도에 미치는 영향. 한국영양학회지, 29(6), 590-596.

이용정보
(Accessed)
계명대학교
114.71.4.130
2016/07/08 17:01 (KST)

저작권 안내
DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다.
이 자료를 원저작자와의 협의 없이 무단게재 할 경우, 저작권법 및 관련법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information
The copyright of all works provided by DBpia belongs to the original author(s). Nurimedia is not responsible for contents of each work. Nor does it guarantee the contents.
You might take civil and criminal liabilities according to copyright and other relevant laws if you publish the contents without consultation with the original author(s).

韓國營養學會誌 29(6) : 590~596, 1996

난소절제한 흰쥐에서 식이칼슘량이 골밀도에 미치는 영향

김경희 · 최미자 · 이인규*

계명대학교 가정대학 식품영양학과, 계명대학교 의과대학 내과학교실*

The Effect of Dietary Calcium Level on Bone Mineral Density and Bone Mineral Content in Ovariectomized Female Rats

Kim, Kyung Hee · Choi, Mi Ja · Lee, In Kyu*

Department of Nutrition and Food Sciences, College of Home Economics, Daegu, Korea
Department of Internal Medicine, School of Medicine, Keimyung University, Daegu, Korea*

ABSTRACT

This study was done to evaluate the effect of dietary calcium level(a diet which met 100% or twice the calcium level in AIN-76 diet) on preventing bone loss in ovariectomized rats. Forty Sprauge-Dawley female rats(body weight 200±5g) were divided into two groups. One group were ovariectomized(Ovx) while the others received sham operation(Sham). Thereafter, each rat group was further divided into normal calcium diet(0.52%) and high calcium diet(1.04%) subgroups. All rats were fed on experimental diet and deionized water ad libitum for 8 weeks. The total body, spine and femur bone mineral densities and bone mineral contents were measured by Dual Energy X-ray Absorptiometry. Eight weeks following operation, ovariectomized rats fed a high calcium diet had a significantly higher total bone mineral content, total bone calcium content, spine bone mineral density, spine bone mineral content and femur bone mineral content than ovariectomized rats fed control calcium diet. The correlation between dietary calcium intake level and spine bone mineral density were positive, but there was no correlation between dietary calcium intake and femur bone mineral density. The findings from the present study demonstrated that bone loss due to ovarian hormonal deficiency can be partially prevented by a high calcium diet. Futhermore, these findings support the strategy of the use of a high calcium diet in the prevention of estrogen depleted bone loss(postmenopausal osteoporosis). (*Korean J Nutrition* 29(6) : 590~596, 1996)

KEY WORDS : dietary calcium · bone mineral density · bone mineral content · ovariectomized rat.

서 론

골격대사의 변화로 인한 질병중 골다공증(osteoporosis)은 골격의 화학적 조성에는 변화가 없고 단위용적당 질량이 감소되어 척추, 요골 및 대퇴부의 골절을 쉽게 초래하는 질병이다[1-2]. 미국에서는 45세 이상 인구중 1500~2000만명이 골다공증에 이환되어 있고 일본은 골다공증 환자가 2000년대에 540만명에 달할 것으로 추정 발표[3]했다. 우리나라에서는 정확한 통계숫자는 아직 없으나 최근 임 등[4], 문 등[5]은 병원을 찾는 환자중에서 많은 수가 골다공증임이 발견되고 있다고 보고했다. 또한 평균수명의 증가를 감안할 때 골다공증의 발생빈도도 높아질 것으로 예상된다.

골다공증의 유발요인은 다요인적이고 복합적인 것으

채택일 : 1996년 5월 10일

계명대학교 | IP: 114.71.4.130 | Accessed 2016/07/08 17:01(KST)

로 환경 요인중 영양적 요인 특히 칼슘결핍이 골격손실에 크게 관계한다고 보고되었다[6-12]. 미국의 경우 1인당 일일 평균 칼슘섭취량이 743mg이고 이 중 약 55%를 흡수율이 높은 우유 및 유제품 등의 동물성 식품으로부터 섭취하고 있다[13)14)]. 우리나라의 경우 1992년 국민영양조사보고서[15)]에 의하면 1인당 일일 평균 칼슘섭취량이 538mg으로 현재 한국인 영양권장량[16)]의 76.8% 수준이었고 400mg 미만을 섭취하는 가구가 조사대상 전체의 51.8%가 되며 , 섭취량의 57%가 흡수율이 낮은 식물성 식품에 의존한다고 보고하였다.

Matkovic 등[7)]은 칼슘섭취가 높은 지역의 사람들이 낮은 지역의 사람들 보다 40세 때의 최대 골질량이 높고, 골절 빈도가 낮았다고 보고했고, Yano 등[8)]은 칼슘섭취량과 비타민 C 및 비타민 D의 섭취 상태가 좋을수록 골격상태가 양호하다고 보고하였다. Sandler 등[17)]은 여자 노인에 있어서 성장기 동안의 우유 섭취량과 골격내 무기질 함량이 정의 상관관계가 있다고 하였고, 성장기 소녀들을 상대로 골밀도에 관한 연구를[18)] 보면 평상시 칼슘섭취량이 많을수록 골밀도가 높게 나타났다. 폐경후 여성을 대상으로 한 연구[5)19)]에서 칼슘섭취와 골격상태는 양의 상관관계가 있었고, 배 등[20)]의 연구에서는 1일 500mg의 칼슘 보충급여로 골 손실을 억제할 수 있다고 하였다. 문 등[5)]은 폐경기 이후의 정상인과 골다공증 환자들을 대상으로 한 연구에서 칼슘의 섭취가 정상인군은 640~673mg이고 골다공증 환자군은 421~479mg으로 정상인군에서 칼슘 섭취가 유의적으로 높았고, 급원 식품에 있어서도 동물성 식품으로부터의 칼슘섭취가 정상인군에서 높아 폐경기 이후의 여성에 있어서도 체내 이용율이 높은 칼슘의 섭취에 유의해야 한다고 보고하였다. 또한 최근 건강한 여성을 상대로 생의 주기에 따라 Cross-sectional study에서[21)] 나타난 결과를 보면 영양소 특히 칼슘 섭취가 골밀도에 미치는 영향은 젊은 여성보다 폐경후 여성에게 더 컸다고 보고했다. 그리고 한과 김[22)]은 남녀 노인 모두 식이 칼슘량이 그 개인의 골밀도에 영향을 미친다고 보고하였다. 임 등[4)]의 보고에서도 골조송증 환자군에서 최대 골질량 형성에 관여하는 영양소인 칼슘, 단백질, 비타민 C의 섭취가 통계적 유의성은 없었으나 정상 대조군에 비해 낮은 경향을 보였다고 하였다.

동물실험 연구에서[23-25)], 조[26)]는 난소절제한 흰 쥐는 난소절제하지 않은 쥐 보다 뇨와 변의 칼슘 배설량이 높았고, 칼슘의 흡수율과 칼슘 평형이 낮았다고 보고하였다. 그리고 난소절제 및 칼슘결핍 동물에서는 골밀도가 낮았고[23)], 식이칼슘을 요구량 이상 급여하면 저하된 칼슘 이용성이 개선 되었다고 보고하였다[25)].

그러나, 이상의 연구와는 반대로 Nials 등[27)]은 폐경직후 여성 103명을 대상으로 그들의 1일 평균 칼슘 섭취량을 조사하고 칼슘 섭취량이 550mg이하군, 550~1150mg군, 1150mg이상군으로 나누어 2년동안 매일 500mg의 칼슘을 보충하였다. 그 결과 세 군 모두에서 골격내 무기질 함량이 비슷한 수준으로 감소하였고, 매일 1000~2000mg의 칼슘섭취는 폐경 직후에 골손실을 방지하는데 효과가 없다고 보고하였다. 그리고 폐경후 칼슘의 보충 및 충분한 칼슘의 섭취가 골격 손실을 줄이는데 어떠한 효과도 미치지 않는다는 주장[27)28)]도 있어 칼슘 섭취량과 골밀도와의 관계에 대해서는 아직도 논란이 많다.

따라서 본 실험에서는 골격상태의 직접적인 진단방법으로 양에너지 방사선 골밀도 측정기(Dual Energy X-ray Absorptiometry, DEXA)를 이용하고, 폐경한 여성의 실험모델[24)29)]을 난소절제한 암컷 쥐로 설정하여 식이칼슘량이 골밀도및 골함량에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

실험재료 및 방법

1. 실험동물 및 식이

평균 체중이 약 50g인 Sprague-Dawley 암컷 쥐 40마리를 한국생명공학센터로 부터 구입하여 고형사료(rat chow, 삼양사)로 사육하다가 평균 체중이 약 200g에 도달하였을 때 각 군당 20마리로 난소절제수술 여부에 따라 난소절제군(Ovariectomized group, Ovx군)과 난소절제를 하지 않고 개복수술만한군(Sham-operated group, Sham군)으로 나누었다. 수술은 마취제 Ketamine Hydrochloride(유한양행, 50mg/ml)를 사용하여 체중 Kg당 75mg의 용량으로 근육주사한 후 실시하였다.

Ovx군과 Sham군의 실험동물은 식이칼슘량에 따라 다시 2군으로 나누었다. American Institute of Nutrition(AIN)-76 Mineral Mix 내에 포함되어 있는 $CaHPO_4$의 양을 기준으로 하여 이를 정상칼슘(Normal Ca Diet, NCD)식이로 보고 정상칼슘식에 함유된 $CaHPO_4$량의 200%를 포함한 식이를 고칼슘(High Ca Diet, HCD)식이로(Table 1)로 하여 각기 8주동안 stainless-steel wire cage에서 한마리씩 분리 사육하였다. 실험식이는 탈이온수와 함께 자유섭취 방법으로 제공되었고 사육실의 온도는 25±2℃, 습도는 63±5%로 유지하였고, 매일 광주기, 암주기를 12시간이 되도록 조절하였다.

계명대학교 | IP: 114.71.4.130 | Accessed 2016/07/08 17:01(KST)

Table 1. Composition of experimental diets(g/100g of diet)

Ingredient	Dietary group	
	Normal Ca Diet	High Ca Diet*
Casein[1)]	20.00	20.00
Dextrin[2)]	32.85	32.85
Corn Starch[3)]	32.85	32.85
Corn oil[4)]	5.00	5.00
Cellulose[5)]	3.80	3.80
Min. Mix.[6)]	3.50	3.50
Vit. Mix.[7)]	1.80	1.80
Choline[8)]	0.20	0.20

. Gross Energy , Kcal/g : 3.878

*High Ca diet : Modified Mineral Mixture-$CaHPO_4$ at 200% level

1) Casein High Protein, Supplied by U.S. CORNING Laboratory Services Company, TEKLAD TEST DIETS, Madison, Wisconsin. Biological test Material No. 160030
2) Dextrin, Supplied by U.S. CORNING Laboratory Services Company, TEKLAD TEST DIETS, Madison, Wisconsin. Biological test Material No. 50740
3) Corn starch, Supplied by U.S. CORNING Laboratory Services Company, TEKLAD TEST DIETS, Madison, Wisconsin. Biological test Material No. 160170
4) Corn oil, Dongbangyurang Co. Seoul youngdungpogu yangpyungdong 4-2
5) Cellulose, Supplied by U.S. CORNING Laboratory Services Company, TEKLAD TEST DIETS, Madison, Wisconsin. Biological test Material No. 160390
6) Mineral Mixture, Supplied by U.S. CORNING Laboratory Services Company, TEKLAD TEST DIETS, Madison, Wisconsin. Biological test Material NO. 170915
7) Vitamin Mixture, Supplied by U.S. CORNING Laboratory Services Company, TEKLAD TEST DIETS, Madison, Wisconsin. Biological test Material No. 40077
8) Choline Bitartate, Supplied by U.S. CORNING Laboratory Service Company, TEKLAND TEST DIETS, Madison, Wisconsin. Biological test Material No. 30190

2. 골밀도 및 골함량 측정

골밀도와 골량측정은 DEXA(Dual Energy X-ray Absorptiometry : Lunar Radiation corp. Madison, Wisconsin, USA)의 Small Animal Software로 Total Body Bone Mineral Density, Total Body Bone Mineral Content,Total Bone Calcium Content, Spine Bone Mineral Density, Spine Bone Mineral Content, Femur Bone Mineral Density, Femur Bone Mineral Content를 실험시작시, 5주째, 8주째에 총 3회 측정하였다.

3. 통계처리

통계처리는 SAS package를 이용하여 각 변인마다 평균과 표준편차를 구하였고, 난소절제하지 않은 군과 난소절제군, 식이군내에서의 비교는 Student's t-test를 하였고, 식이군과 집단간의 차이는 two-way ANOVA 분석을 하였다. 변수들간의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient로 처리하였다.

실험결과 및 고찰

실험기간 동안 식이 섭취량은 난소절제수술 여부 또는 식이내의 칼슘에 따라서 영향을 받지 않았다. 실험 0주부터 8주가지의 체중 증가율을 보면 Sham군의 고칼슘식이군(HCD)은 23.0%, 정상 칼슘식이군(NCD)은 17.9% 였고 Ovx군에서는 HCD군이 41.5%, NCD군은 33.2%로서 Sham군에 비해 Ovx군에서 유의적으로 높았다(Table 2). 이것은 Mary 등[30)]과 Morris 등[24)]의 연구와 일치하였으며 이러한 체중증가는 난소호르몬의 분비 감소로 인한 체지방 축적 때문이라고 한다[29)].

총 골밀도 및 총 골함량과 총 골칼슘량에 대한 결과를 Table 3에 제시하였다. Sham의 NCD군에서는 총 골밀도가 실험 시작시보다 8주에 2.4% 증가함을 보였고, HCD군에서는 0.8% 감소하였다. Ovx의 NCD군은 1.6% 증가했고 HCD군은 2.7% 증가했다. 폐경후 여성을 대상으로한 Reid 등[31)]의 연구에서 칼슘을 보충하지 않은군에서는 골밀도가 0.90%/year 감소하였고, 칼슘 보충군에서는 0.54%/year 감소하여 칼슘 보충군의 골밀도 손실이 유의적($p=0.011$)으로 낮았음을 보고하였다. 본 실험의 결과에서도 Ovx군의 경우골밀도의 증가율이 NCD군의 1.6% 보다 HCD군의 2.7% 로서 유의적이지는 않으나 증가율이 컸다.

총 골무기질 함량에 칼슘수준이 미치는 영향을 보면 Sham 군에서는 NCD와 HCD군 모두에서 총 골무기질 함량이 5주까지는 증가하였다가 8주에는 NCD군은 급격히 감소하는 경향을 보인 반면 HCD군은 감소경향이 미미하여서 난소 절제하지않은 군에서도 식이칼슘수준이 높을 때 골질량의 감소가 유의적으로 적음을 보여주었다. 그리고 Ovx군에서 5주와 8주간의 총 골무기질 함량의 변화율을 보면 NCD군이 5주째에는 13%로 증가하였다가 8주에는 5주 골함량의 30.1%, 처음 골함량의 17%수준으로 감소한 반면에 HCD군에서는5주에 10.9%로 증가하였다가 8주째에는 5주째의 1% 증가, 시작시의 12% 증가율로 HCD군에서는 골함량에 대한 감소율은 나타나지 않았다. 따라서 고칼슘식이가 난소절제하지 않은 군에서 총 골무기질 함량의 손실을 줄였고, 난소절제군에서는 총 골무기질 함량을 오히려 증가시켜 고칼슘식이의 효과를 볼 수 있었다. Aloia 등[11)]은 총 골무기

계명대학교 | IP: 114.71.4.130 | Accessed 2016/07/08 17:01(KST)

Table 2. Mean food intake and body weight of sham and ovariectomized rats

			0wk	5wk	8wk
Food intake (mg/day)	Sham	NCD	11.58±0.44[1)a]	13.59± 1.24[a]	12.70± 1.26[a]
		HCD	11.05±2.08[a]	13.74± 1.31[a]	14.53± 0.83[a]
	Ovx	NCD	10.88±0.63[a]	13.36± 0.53[a]	14.45± 1.20[a]
		HCD	10.56±0.92[a]	14.54± 1.89[a]	14.87± 1.62[a]
Body weight (g)	Sham	NCD	202.27±7.12[a]	228.36± 6.60[a]	238.57± 6.34[a]
		HCD	209.10±8.10[a]	246.98± 9.04[b]	256.19± 7.32[a]
	Ovx	NCD	203.60±6.54[a]	257.54±11.1[a]	268.87±14.3[a]
		HCD	206.78±6.90[a]	281.95±13.2[b]	291.03±13.7[b]

1) Mean±SD.
Values with different superscripts within the column are significantly different at $p < 0.05$.
NCD=Normal calcium diet
HCD=High calcium diet
Sham=Sham operated group
Ovx=Ovariectomized group

Table 3. Total body bone mineral density and content, and total body bone calcium content of sham-oprated and ovariectomized rats

			0wk	5wk	8wk
Total body BMD (g/cm^2)	Sham	NCD	0.252±0.002[1)a]	0.258±0.004[a]	0.258±0.004[a]
		HCD	0.265±0.006[b]	0.261±0.003[b]	0.263±0.001[b]
	Ovx	NCD	0.255±0.008[a]	0.258±0.003[a]	0.259±0.005[a]
		HCD	0.258±0.007[a]	0.260±0.006[a]	0.265±0.008[a]
Total body BMC (g)	Sham	NCD	5.118±0.382[1)a]	5.833±0.432[a]	4.079±0.319[a]
		HCD	5.717±0.643[b]	6.804±0.450[b]	6.371±1.095[b]
	Ovx	NCD	5.493±0.561[a]	6.208±0.115[a]	4.530±0.441[a]
		HCD	5.768±0.426[a]	6.398±1.031[a]	6.463±1.505[b]
TBCa(g)	Sham	NCD	1.94 ±0.12[1)a]	2.21 ±0.16[a]	1.55 ±0.12[a]
		HCD	2.17 ±0.25[b]	2.58 ±0.17[b]	2.42 ±0.41[b]
	Ovx	NCD	2.09 ±0.21[a]	2.36 ±0.04[a]	1.72 ±0.17[a]
		HCD	2.19 ±0.16[a]	2.43 ±0.39[a]	2.46 ±0.58[b]

1) Mean±SD
Values with different superscripts within the column are significantly different at $p < 0.05$.
TBCa=Total body Bone Calcium

질 함량이 연령이 같은 정상인보다 골다공증 환자군에서 16% 더 낮았다고 보고하였고, 다른 선행 연구[7)22)]에서도 폐경 후 여성의 경우 1일 칼슘 섭취량 부족시 뼈의 절대량 감소 및 골밀도의 감소가 보고 되었으며, 골절의 빈도가 증가되었다고 보고하였다. 이러한 골질량의 감소에 대하여 1일 칼슘섭취량을 증가시킴으로서 뼈의 손실량 및 골밀도의 감소가 억제 됨도 보고 되고있다[32)].

총 골칼슘 함량에 대한 식이 칼슘량이 미치는 효과를 보면 Sham군에서 NCD군은 5주째에는 13.9% 증가하였다가 8주째에 처음 골칼슘량의 29.9%가 감소한 반면, HCD군은 5주째 18.9% 증가 하였다가 8주 째에 다소 감소가 있었으나 처음 골칼슘량에 비하여는 오히려 11.5% 증가하였다. Ovx군의 NCD군에서는 5째에 12.9% 증가하였다가 8주째에 처음 골칼슘량의 17.1% 가 감소하였으나 HCD군에서는 5주째에 10.9% 증가하였다가 8주째에도 감소 없이 처음 골칼슘량의 12.3%로 증가하였다. 따라서 고칼슘식이가 Sham군에서 실험기간 동안 높은 골칼슘량에 이른 후 골칼슘량의 감소 정도를 낮추었으며, Ovx군에서는 높은 골칼슘량에 도달한 이후에도 골칼슘 보유량을 유지 또는 증가시켜 고칼슘식이가 골칼슘 보유에 효과가 있음을 알 수 있었다.

척추 골밀도에 미치는 식이 칼슘량의 효과를 보면 (Table 4) Sham군에서 NCD군은 5주째에는 3% 증가하였다가 8주에는 5주째 골밀도의 6.5%, 처음 시작시 골밀도의 3.6%가 감소하였다. HCD군에서는 5주째에 3.9% 증가하였고 8주째에는 5주째의 2.1% 감소하였으나 처음 골밀도의 1.7% 증가하였다. Sham 군에서와 달리 OVX군에서 NCD군은 Sham 군에서와 달리 5주째에서도 골밀도가 처음 시작시 보다 1.0% 감소하였고 8주째에는 처음 시작시의 6.1%가 감소하여서 골밀도 감소율이 Sham군의 2배가 되어서 난소절제 수술이 미치는 영향을 볼 수 있었다. 그러나 대조적으로 HCD군에

계명대학교 | IP: 114.71.4.130 | Accessed 2016/07/08 17:01(KST)

Table 4. Spine bone mineral density and bone mineral content of sham and ovariectomized rats

			0wk	5wk	8wk
Spine BMD (g/cm^2)	Sham	NCD	0.223±0.006[1)a]	0.230±0.005[a]	0.215±0.003[a]
		HCD	0.230±0.007[a]	0.239±0.005[b]	0.234±0.005[b]
	Ovx	NCD	0.230±0.011[a]	0.228±0.003[a]	0.216±0.006[a]
		HCD	0.238±0.001[a]	0.238±0.008[a]	0.238±0.012[b]
Spine BMC (g)	Sham	NCD	0.819±0.106[a]	1.014±0.096[a]	0.736±0.096[a]
		HCD	1.024±0.116[b]	1.256±0.068[b]	1.161±0.056[b]
	Ovx	NCD	0.908±0.116[a]	1.093±0.190[a]	0.807±0.131[a]
		HCD	1.025±0.149[a]	1.198±0.229[a]	1.255±0.363[b]

1) Mean±SD
Values with different superscripts within the column are significantly different at $p < 0.05$.

Table 5. Femur bone mineral density and bone mineral content of sham and ovariectomized rats

			0wk	5wk	8wk
Femur BMD (g/cm^2)	Sham	NCD	0.241±0.004[1)a]	0.249±0.004[a]	0.234±0.006[a]
		HCD	0.252±0.010[b]	0.258±0.003[b]	0.256±0.004[b]
	Ovx	NCD	0.247±0.010[a]	0.247±0.001[a]	0.235±0.010[a]
		HCD	0.256±0.012[a]	0.248±0.010[a]	0.249±0.014[a]
Femur BMC (g)	Sham	NCD	1.731±0.099[1)a]	1.949±0.112[a]	1.358±0.117[a]
		HCD	2.009±0.287[b]	2.332±0.193[b]	2.174±0.405[b]
	Ovx	NCD	1.894±0.221[a]	1.947±0.037[a]	1.450±0.181[a]
		HCD	2.025±0.171[a]	2.041±0.292[a]	2.114±0.456[b]

1) Mean±SD
Values with different superscripts within the column are significantly different at $p < 0.05$.

서는 척추 골밀도가 실험 시작시 부터 8주까지 감소 없이 유지됨을 보였다. 따라서 고칼슘식이는 Sham 군에서 최고 골밀도 이후 골밀도 감소율을 약 3배로 낮추었고 Ovx군에서는 NCD군은 골밀도 감소가 나타난 반면에 HCD 군은 골밀도 감소없이 유지 되어서 고칼슘 식이의 유익한 효과를 척추 골밀도에서는 더욱 뚜렷이 볼 수 있었다. 이러한 결과는 Bess 등[33]이 폐경한 여성의 경우 권장량 이상으로 칼슘을 섭취하는 군이 하루 칼슘 권장량의 1/2이하를 섭취하는 군에 비하여 1년 동안의 척추 골손실율이 유의하게 낮았고, 하루 칼슘 섭취량이 405mg 이하인 군과 777mg 이상인 군으로 나누어 폐경 후 여성의 척추 골밀도를 비교 한 결과 칼슘섭취가 높은 군의 골밀도가 유의하게 높았다고 보고한 것과 일치하였다. 또한 60~69세의 여성을 대상으로 한 이 등[34]의 연구에서 권장량 이상의 칼슘을 섭취하는 경우, 특히 700mg/day 이상 섭취시에 척추 골밀도($p < 0.001$)를 높게 유지 하였다고 한 것과도 일치하였다.

식이칼슘량이 척추 골무기질 함량에 미치는 효과를 보면 Sham군의 NCD군에서는 실험 시작시 보다 5주에는 23.8% 증가 하였다가 8주에는 5주째의 27.4%, 감소함을 보였고, HCD 군에서는 5주째에 22.6% 증가하였다가 8주째에 5주째의 7.6% 감소하여 고칼슘 식이가 척추 골함량의 감소율을 현저히 낮추었다. Ovx군에서는 NCD군이 5주에 20.3% 증가 하였다가 8주에 5주의 골함량의 27.4% 감소를 보였으나, HCD군에서는 실험기간 동안 계속적인 증가를 보여 5주에는 16.9%, 8주에서 5주에 대한 골량의 4.7%, 처음 골량의 22.4%가 증가되어서 Ovx군에서 고칼슘 식이가 척추 골무기질 함량에 미치는 효과를 유의적으로 볼 수 있었다.

대퇴 골밀도에 미치는 식이 칼슘량의 효과를 보면 (Table 5) Sham 군에서 NCD, HCD군 모두 5주째에는 3.3%, 2.3% 각각 증가 하였으나, 8주째에는 5주째의 6.0%, 0.78%씩 각각 감소하였다. 그러나 Ovx군에서는 NCD군이 실험 기간 5주째에 증가 없이 유지 되다가 8주째에 4.9% 감소함을 나타내었다. 그러나 Ovx군의 HCD군은 5주째부터 3.1% 감소 하였다가 8주에는 유지상태를 보였다(Table 5). Ovx군에서 고식이칼슘군이 5주째에 정상칼슘 식이에 비해 빨리 골밀도 감소 경향으로 된 것에 대하여 설명이 어려우나 8주째의 골밀도를 처음 0주시 골밀도치와 비교할 때에는 골감소율이 HCD군에서 낮아서 총 8주 기간 동안에는 고칼슘식이가 난소절제한 쥐의 대퇴골 무기질 감소율을 정상식이에 비하여 낮추었다고 보여진다. Matkovic 등[7]은 칼슘섭취량이 적은 지역에서 대퇴부 골절율이 높게 나타나 칼슘섭취량이 골격의 상태 및 골절에 중요한 요인이라고 주장하였다.

식이 칼슘량이 대퇴골 무기질 함량에 미치는 효과에서는 Sham 군의 NCD군과 HCD군 모두 5주째에는 12.

계명대학교 | IP: 114.71.4.130 | Accessed 2016/07/08 17:01(KST)

Table 6. Pearson's correlation coefficient with spine and femur bone mineral density

Valiable	Spine BMD		Femur BMD	
	r	p-value	r	p-value
Total Ca intake	0.46	0.03	0.24	N.S
Total body BMD	0.67	0.0007	0.68	0.0005
Total body BMC	0.90	0.0001	0.88	0.0001
Total bone calcium	0.90	0.0001	0.88	0.0001

5%, 16.1%씩 증가 하였다가 8주째에는 5주량의 30.3%와 6.8%씩 감소하였다. Ovx군에서는 NCD군이 5주째에 2.7% 증가함을 나타내었고 8주째에는 5주의 25.5% 감소를 보였다. Ovx군의 HCD군에서는 5주째에 0.8% 증가하는 경향을 보였고 8주에는 5주보다 3.5% 증가함을 보여 고칼슘식이가 난소절제한 흰쥐의 대퇴골무기질 함량에 효과가 있음을 나타내었다. 오와 이[25]의 골다공증 모델 흰쥐의 체내 칼슘 이용성에 대한 연구에서 대퇴골의 조회분 함량, 칼슘 함량 및 인의 함량이 난소절제 여부에 관계없이 저칼슘식이군이 정상 칼슘식이군보다 유의적으로 저하 하였으나, 정상이나 고칼슘식이를 급여함으로서 대퇴골의 무기질의 함량이 개선되었다고 보고하였고, Mary 등[30]의 연구에서도 Ovx군에서 0.1% 칼슘식이군보다 0.5% 칼슘 식이군에서의 대퇴골 골질량이 높았다고 보고하였다.

척추 골밀도와 대퇴골 골밀도에 영향을 미친다고 생각되는 제 요인과의 상관관계를 Table 6에 나타내었다. 총골밀도, 총 골무기질 함량 및 총 골칼슘 함량은 척추 골밀도와 대퇴 골밀도에 매우 높은 유의적인 상관성을 나타내었으나 총칼슘 섭취량과는 척추 골밀도와 대퇴 골밀도에 다른 결과를 보였다. 즉 총칼슘섭취량이 척추 골밀도에는 유의적($p=0.03$)인 양의 상관성을 보였으나 대퇴 골밀도에는 유의적인 상관성을 보이지 않았다. 따라서 총칼슘섭취량은 대퇴 골밀도 보다는 척추 골밀도에 더 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 등[34]의 폐경후 여성을 대상으로 척추 골밀도와 영양소 섭취량과의 상관관계에 대한 연구에서 폐경기간이 5년 이상 되면서 칼슘섭취량과 척추 골밀도가 유의한 양의 상관관계로 나타났다고 보고하였다. 또한 문 등[5]은 폐경후 51~60세군에서는 칼슘섭취량과 척추 및 대퇴골의 골밀도에 유의적인 양의 상관성을 나타내었으나, 61~70세군에서는 척추의 골밀도에 유의적인 상관성을 보였다고 보고하였다.

결론 및 요약

식이칼슘량이 골밀도 및 골함량에 미치는 영향을 알아보고자 실험동물을 난소절제하지않은군(Sham)과 난소절제군(Ovx)으로 나누고 각군내에서 식이칼슘량을 정상 칼슘(0.52%)과 고칼슘(1.04%) 식이로 하여 8주간 사육하였다. 골밀도와 골무기질 함량은 양에너지 방사선 골밀도 측정기(Dual Energy X-ray Absorptiometry)를 이용하여 실험시작시, 5주째, 8주째에 측정하였다. 본 실험의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) Ovx군이 Sham군 보다 체중증가율이 유의적으로 높게 나타났다.

2) Ovx군의 고칼슘식이군은 총골밀도및 총골무기질 함량과 총골칼슘함량 모두가 실험기간동안 계속 증가된 반면에 정상칼슘 식이군은 유지 내 지 현격한 감소를 나타내었다.

3) Ovx군에서 정상칼슘식이군은 실험기간 동안 척추 골밀도가 점차 감소하는 경향을 보였으나, 고칼슘식이군에서는 실험시작시에서 8주까지 감소없이 유지됨을 보였다. Ovx군의 고칼슘식이군은 실험기간동 안 척추 골무기질 함량의 계속적인 증가를 보였으나 정상 칼슘식이군 에서는 골무기질 함량이 8주째에 감소하였다.

4) 대퇴골밀도는 Ovx군의 고칼슘식이군에서 8주째의 손실율이 정상칼슘 식이군의 것 보다 낮았고, 대퇴골무기질 함량은 Ovx군에서 고칼슘식 이군이 정상칼슘군에 비해 8주째에 유의적으로 높게 나타나서 고칼슘 식이의 효과를 볼 수 있었다.

5) 골밀도와 제 요인과의 상관관계를 살펴본 결과 총골밀도, 총 골무기질 함량 및 총 골칼슘 함량은 척추 골밀도와 대퇴골밀도에 매우 높은 유의 적인 양의 상관성($p<0.0005$)을 나타내었고, 칼슘섭취량과는 척추 골밀도에 유의적($p=0.03$)인 양의 상관성을 보였다.

이상의 결과를 요약하면 난소절제한 쥐에서 고칼슘식이가 척추 골밀도의 손실을 방지시켰고 총 골무기질 함량, 총 골칼슘 함량, 척추 골무기질 함량 및 대퇴골무기질 함량을 증가시켰다. 또한 고칼슘식이는 난소절제하지 않은군에서도 난소절제군 만큼의 효과는 아니지만 상당한 골밀도 및 골함량에 유익한 효과를 주어서 고칼슘섭취는 골건강에 유익하다는것을 확인 할 수 있었다. 따라서 칼슘의 충분한 섭취는 권장 되어져야 하고 특히 폐경한 여성은 칼슘섭취에 유의하여야 한다고 본다.

Literature cited

1) Spencer H, Kramer L. NIH Consensus conference : Osteoporsis, Factors contributing to osteoporsis. *J Nutr* 116 : 316-322, 1986

2) Consensus Conference : Osteoporosis. *JAMA* 252 : 799-803, 1984

계명대학교 | IP: 114.71.4.130 | Accessed 2016/07/08 17:01(KST)

3) 조수현. 폐경과 골다공증. *대한의학협회지* 35(5) : 587-598, 1992
4) 임승길 · 정현철 · 이미경 · 김현만 · 이현철 · 허갑범 · 김남현 · 박병문. 한국 여성골조송증환자들에서 보인 골조송증 위험인자(예보). *대한내과학회잡지* 34(4) : 444-452, 1988
5) 문수재 · 최은정 · 이명희 · 임승길 · 허갑범. 폐경이후 여성의 영양섭취 및 활동상태와 골밀도의 상관관계에 관한 연구. 연세생활과학논집 7 : 27-37, 1993
6) Heaney RP, Recker RR, Saville PD. Calcium balance and calcium requirements in middle-aged women. *Am J Clin Nutr* 30 : 1603-1609, 1977
7) Matkovic V, Kostial K, Simonovic I, Buzina R, Brodarec A, Nordin BEC. Bone status and fracture rates in two reigones of Yugoslavia. *Am J Clin Nutr* 32 : 540-549, 1979
8) Yano K, Heibrun LK, Wasnich RD, Hankin JH, Vogel JM. The relationship between diet and bone mineral content of multiple skeletal sites in elderly Japanese-Amreican men and women living in Hawaii. *Am J Clin Nutr* 42 : 877-888, 1985
9) Dawson-Hguhes B. Calciume supplementation and bone loss : A review of controled clinical trials. *Am J Clin Nutr* 54 : 274-280, 1991
10) 장준섭. 골 대사와 호르몬 조절. 최신의학 30(1) : 11-16, 1987
11) Aloia JF, Cohn SH, Vaswani A, Yeh JK, Yuen K, Ellis K. Risk factors for postmenopausal osteoporosis. *Am J Med* 78 : 95-102, 1985
12) Smith DM, Khairi MRA, Norton J, Johnston Jr.CC. Age and activity effects on rate of bone mineral loss. *J Clin Invest* 58 : 716-721, 1976
13) Nordin BEC. International patterns of osteoporosis. *Clin Orthop* 45 : 17-23, 1966
14) Heaney RP. Calcium bioavailability and absorption : A review. *Am J Clin Nutr* 35 : 783-808, 1982
15) 보건사회부. 국민영양조사보고서. 1990
16) 한국인영양권장량, 6차개정. 한국영양학회. 1995
17) Sandler RB, slemenda CW, Laporte RE, Cauley JA, Schramm MM, Barresi ML, Kriska AM. Postmenopausal bone density and milk consumption in childhood and adolescence. *Am J Clin Nutr* 42 : 270-274, 1985
18) 최미자. 한국사춘기 소녀들의 골밀도와 환경요인들과의 관계(Ⅰ). *동아시아식생활학회지* 4(3) : 21-30. 1994
19) 김혜경 · 윤진숙. 한국 노년기 여성의 골격 상태에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. *한국영양학회지* 24(1) : 30-39, 1991
20) 배영란 · 유춘희 · 김유리 · 김현숙. 에어로빅 운동과 칼슘 보충이 폐경이후 여성의 칼슘대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 24(2) : 114-123, 1991
21) 이희자. 한국여성의 골밀도와 환경인자에 관한 연구 – 대구지역을 중심으로. 계명대학교 박사학위논문, 1995
22) 한성숙 · 김숙희. 한국 노인의 식사내용이 골격밀도에 미치는 영향에 관한 조사연구. *한국영양학회지* 21(5) : 333-347, 1988
23) Donahue HJ, Mazzeo RS, Horvath SM. Endurance training and bone loss in calcium-deficient and ovariectomized rats. *Metabolism* 38(8) : 741-749, 1988
24) Morris HA, Porter SJ, Durbridge TC, Moore RJ, Need AG, Nordin BEC. Effects of oophorectomy on biochemical and bone variables in the rat. *Bone and Mineral* 18 : 133-139, 1992
25) 오주환 · 이연숙. 난소절제 골다공증 모델 흰쥐의 체내 칼슘 이용성 저하에 대한 칼슘섭취 수준의 효과. *한국영양학회지* 26(3) : 277-285, 1993
26) 조성연. 난소를 절제한 흰 쥐에서 식이단백질 수준이 체내 Ca 및 골격 대사에 미치는 영향. 이화여자대학교 대학원 석사논문, 1992
27) Nials L, Christiansen C, Rodbro P. Calcium supplementation and postmenopausal bone loss. *Brit Med J* 289 : 1103-1109, 1984
28) Stephenson JC, Whitehead MI, Padwick M, et al. Dietary intake of calcium and postmenopausal bone loss. *Br Med J* 297 : 15-22, 1988
29) 이상선 · 윤정한. 난소절제가 체조성에 미치는 장기적 영향. *한국영양학회지* 22(2) : 102-107, 1989
30) Mary LT, David JS, Louis K, Michael JI. Calcium metabolism and bone muneralization in female rats fed diets marginally sufficient in calcium : Effects of increased dietary calcium intake. *Bone and Mineral* 12 : 1-7, 1991
31) Reid IR, Ames R, Evans MC. Dietary calcium supplementation slows the decline in total body bone mineral density in postmenopausal women. *Bone and Mineral Supplement* 1. 17 : 17-22, 1992
32) Freudenheim JL, Johnson NE, Smith EL. Relationships between usual nutrient intake and bone-mineral content of women 35-65 years of age : longitudinal and crosssectional analysis. *Am J Clin Nutr* 44 : 863-876, 1986
33) Bess DH, Paul J, Clanton S. Dietary calcium intake and bone loss from the spine in healthy postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 46 : 685-687, 1987
34) 이보경 · 장유경 · 최경숙. 폐경후 여성의 골밀도에 대한 영양소 섭취실태의 영향. *한국영양학회지* 25(7) : 642-650, 1992

계명대학교 | IP: 114.71.4.130 | Accessed 2016/07/08 17:01(KST)