

여성 운동 선수들의 골밀도 및 영양섭취실태에 대한 연구*

홍희옥[§] · 이옥희^{**} · 정동춘 · 소재무
나카또미 료이찌^{***} · 최의창 · 황금희 · 안의환

건국대학교 한국건강영양연구소, 용인대학교 식품영양학과*
동북대학교 의학대학원 스포츠의과학과***

A Study of Dietary Intake and Bone Mineral Density in Competitive Female Athletes*

Hong, Heeok[§] · Lee, Okhee^{**} · Jeong, Dong-Choon · So, Jai-Moo
Ryoichi Nagatomi^{***} · Choi, Eui-Chang · Hwang, Gum-Hee · Ahn, Eui Hwan

Konkuk University Institute of Health and Nutrition, Seoul 143-701, Korea
Department of Food and Nutrition Youngin University, ** Youngin, Korea

Department of Medicine & Science in Sport & Exercise,* Tohoku University Graduate School of Medicine, ***
Sendai 980-8576, Japan

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the dietary intake and bone mineral density(BMDs) in college women(n = 10), female swimmers(n = 10), and female weight lifters(n = 10). BMDs of lumbar spine(L2-L4), femoral neck, ward's triangle, and trochanter were measured with dual-energy X-ray absorptiometry. The results are summarized as follows. In swimmers and weight lifters, mean daily intakes of energy, protein, and fat were higher than those of college women and the intake of carbohydrate was significantly high in weight lifters. Also in swimmers and weight lifters, mean daily intakes of animal food, phosphorus, vitamin A, vitamin B₁, vitamin B₂, niacin, vitamin C, and cholesterol were found higher than those of college women but there was difference among the types of exercise. According to correlation analysis between nutrient intake and BMDs, intakes of energy, protein, carbohydrate, and vitamin B₁ were positively associated with BMDs of lumbar spines. According to stepwise multiple regression analysis, BMDs of lumbar spines were affected by intakes of protein, Fe, phosphorus, and vitamin B₂, also BMDs of femur were affected by each of vegetable protein, dietary fiber, and Fe. From the above explanation, the nutrient intakes can be independent factor besides exercise. In conclusion, the weight lifting, resistant exercise, resulted in increase of both BMDs of lumbar spines and femur specially in growing and adult period of female. Whereas swimming lead to increase of BMDs of lumbar spine and decrease of BMDs of femur in female. (*Korean J Nutrition* 34(6) : 645~655, 2001)

KEY WORDS: BMD, lumbar spine, femur, swimming, weight lifting, resistant exercise, nutrient intake.

서 론

신체 골량이 소실되어 여러 부위의 골절 위험을 증대시키는 골다공증은 가령에 의해 그 발병이 증가하는데 이를 억제하기 위해서는 폐경 전후에 일어나는 골손실을 감소시키는 것 뿐 아니라 성인기에 도달하는 최대 골질량을 증대시키는 것이 필수적이다.¹⁾ 최대 골질량 형성에 유전적인 요인 뿐 아니라 여성의 경우 특히 성호르몬(estrogen), 운동, 그

리고 영양적 요인이 중요한 영향을 미치고 있다. 성장기, 사춘기, 성인기까지의 신체활동과 영양섭취는 최대 골질량 크기를 결정하는 가장 중요한 요소들로 알려져 있다.^{2,3)}

동물실험이나 일반 성인을 대상으로 한 연구에 의하면 운동은 골의 무기질 함량과 최대 골질량을 증가시키고 골 형성을 촉진시키며 나이 증가에 따른 골 손실을 억제하여 골 밀도를 유지하게 하고,^{4,5)} 운동선수들에서 골밀도를 증가시킨다. 운동의 효과로써 유산소 운동능력의 증가, 부하의 정도가 골밀도와 관련이 있는 것으로 알려져 있다.^{4,6,7)} 그러나 골밀도나 최대 골질량에 대한 운동의 영향은 운동종목이나 강도에 따라 다양하게 나타난다.⁷⁾ 기계적인 체중부하 자극을 주는 운동은 골의 발달 및 재형성을 조절하는 중요한 외부 인자로서 일상적으로 체중부하 운동을 하면 성장기에 골

접수일 : 2001년 5월 25일

채택일 : 2001년 9월 13일

*This work was supported by Korea Research Foundation Grant(KRF-99-005-100002).

[§]To whom correspondence should be addressed.

질량이 증가하고 가령에 의한 골량 손실이 억제된다. 그러므로 체중부하운동은 성인의 골량 유지 뿐 아니라 잠재적으로 골량 증대에도 기여한다고 본다. 골밀도에 대한 운동의 효과는 이와 같이 운동이 체중을 부하 하는가 라는 운동특성에 영향을 받을 뿐 아니라, 신체의 골 위치에 따라 특이성을 보여, 주로 부하를 받거나 사용하는 부위의 골밀도와 골량에 영향을 준다.^{6,8-11)} 운동 자극이 골막에 가해질 때 부과되는 압박을 감소시키기 위해 골의 직경이 증가되거나 골밀도가 높아지는데 이는 골 형성과 골 흡수의 대사적 변화를 통해 일어난다.^{12,13)}

기계적 체중부하가 골질량 증가를 유도하기 위해서는 최소한의 효과를 나타낼 수 있는 긴장이 필요하며, 정상과 달리 간헐적이면서 역동적인 방식으로 부하가 필요할 뿐 아니라 부하강도가 중요하기 때문에^{13,14)} 역도와 같이 반복 빈도가 낮으면서 고강도로 하는 부하운동이 걷기, 달리기와 같은 반복 빈도가 높으면서 저강도로 하는 운동보다 효과적이다.⁶⁾ 나아가 지구성 운동도 골밀도 증가와 관련이 있는데,¹⁰⁾ 지구성 운동은 동물을 이용한 실험에서 중년기의 골 흡수를 억제하여 골밀도 소실을 조절하는데 효과적이었고,⁴⁾ 지구성 달리기 선수, 댄서, 조정 선수 등 운동선수와 일반인을 대상으로 한 연구에서 지구성 달리기 선수들이 높은 골밀도와 유산소성 능력을 가지고 있지만 유산소 훈련 자체가 골형성을 자극하지는 않는다고 한다.⁷⁾ 다른 연구들에 의하면 지구성 운동도 자신의 체중을 가지고 운동을 수행하는 경우 하지에 순환적 부하(cycling loading)를 상당히 주는 경우에는 골밀도에 효과가 있지만 체중 부하 없이 단순하게 유산소성 능력만을 향상시키는 경우에는 골밀도 향상에 별로 효과가 없다고 한다.^{7,15)} 그러므로 우리 나라 국민들의 만성적 대사질환예방을 위해 지구성 유산소성 운동이 생활체육으로써 일상생활에서 많이 권장되고 있음을 감안하면 순환적 부하를 하지 않은 유산소성 운동인 수영운동이 골밀도 향상에 도움이 되는지에 대한 검증이 필요한 실정이다.

한편으로 골 건강을 위해서는 영양섭취의 중요성이 잘 알려져 있다. 젊은 성인을 대상으로 골밀도에 영향을 미치는 식이 요인을 조사 분석한 연구¹⁶⁻¹⁸⁾에 의하면 칼슘, 인, 비타민 D, 단백질이 골밀도에 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 성장기와 성인기에 이들 영양소의 적절한 섭취는 최대 골질량을 증가시켜 가령에 따른 골손실 위험을 억제할 수 있다.^{19,20)} Metz¹⁷⁾ 등이 24~28세의 여성을 대상으로 실시한 연구결과에 의하면 칼슘 섭취량과 골밀도와의 양(+)의 상관관계를 나타내었고 Fehily¹⁶⁾ 등이 581명의 아동을 대상으로 14년간 실시한 연구결과 여자의 경우 칼슘과 비타민 D 섭취량 및 사춘기 동안의 운동량이 골밀도와 양(+)의 관

계가 있는 것으로 조사되었다. 또한 Kardinaal¹⁸⁾ 등의 연구에서도 식이 중 칼슘 섭취량이 골의 매개변수로 작용한다고 하였다. 그리하여 최근에는 우리 나라 영양학계에서 골절 위험이 특히 증가하는 폐경 전 후의 여성들과 최대 골질량에 도달하는 35세 전후의 성인 여성들을 대상으로 골질량 위험과 이에 영향을 미치는 식이 섭취 요인에 대해 집중적인 연구가 이루어지고 있다.^{21, 23)}

본 연구에서는 골다공증 예방을 위한 방안으로써 최대 골질량을 높이는 운동과 그렇지 않은 운동을 우수 선수들을 대상으로 운동의 체중부하 여부에 따른 요추 및 대퇴 골밀도와 영양상태를 살펴보고, 골밀도와 식이 섭취 관계를 보고자 하였다. 즉 체중을 부하하는 대표적 운동 종목으로 역도와 체중을 부하하지 않는 지구성 운동 종목으로 수영 선수들의 골밀도를 운동을 평소하지 않는 일반 학생 집단인 대조군과 비교하여 뼈의 성장기 및 강화기 동안의 장기간 운동이 요추와 대퇴부 골밀도에 미치는 영향을 살펴보고 골밀도와 영양소 섭취와의 관계를 알아보고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상

본 연구에서는 운동경력이 7~8년 되면서 이학적 소견상 골질환과 내분비질환이 없고, 칼슘, 비타민제, 스테로이드, 성장촉진제를 사용하지 않는 정상급 여자 역도 선수 10명과 수영선수 10명 그리고 평소 운동을 활발하게 하지 않은 일반 여학생 10명을 선정하여 조사하였다.

2. 설문조사 및 식이 섭취 조사

연구 대상자의 연령, 음주습관 및 운동경력, 운동수상경력, 보충제의 복용여부, 체중조절의 경험, 초경나이 등을 조사하였으며 24시간 회상법에 의해 2일간의 식이 섭취량을 조사하여 Can-pro 프로그램으로 에너지와 영양소 섭취량을 측정하였다.

3. 신체계측과 골밀도 측정

연구 대상자들의 신장과 체중을 측정하였고 체지방 측정기로 체지방량, 체지방율, 무지방 조직량등을 측정하였다.

골밀도는 정확도와 예민도가 높은 DEXA(dual-energy X-ray absorptiometry, Lunar radiation corp., Madison, Wisconsin U.S.A.)를 이용하여 체중이 실리는 부위인 요추(Lumbar spine L₁-L₄)와 대퇴골의 세부위 즉 대퇴경부(femoral neck, FN), 와드 삼각부(Wards triangle, WT), 대퇴 전자부(trochanter, TC)를 측정하였다. 요추 골밀도는 제 2요추에서 제 4요추까지의 골밀도의 평균 수

치를 사용하였다.

4. 통계처리

운동 형태별 골밀도와 식이 섭취 변화를 파악하기 위해 연구 집단의 평균과 표준편차를 구하였고, 유의성 검증은 one-way ANOVA로 하였으며 집단간 비교는 Duncan's multiple range test를 이용하였다. 골밀도와 여러 변수와의 상관성은 Pearson의 상관계수로 구하였다. 골밀도에 대한 열량 섭취 효과를 배제하기 위하여 영양소 섭취량을 열량에 보정하고 다시 골밀도와의 상관관계를 분석하였다. 골밀도에 대한 각 영양소간의 상호 작용을 배제하고 독립적인 영향을 보기 위하여 단계적 다중 회귀 분석(stepwise multiple regression analysis)을 실시하였다. 통계분석은

SAS(Statistical analysis system) 통계 프로그램을 사용하여 유의수준은 0.05로 설정하였다.

결과 및 고찰

1. 대상자의 일반적 특성

조사 대상자들의 일반적인 특성은 Table 1과 같다. 평균 연령은 20.9 ± 2.4세 평균 체중은 60.6 ± 12.8kg, 신장은 162.4 ± 5.9cm, 체지방%는 23.1 ± 5.0%, 그리고 무지방 조직량은 46.6 ± 32.3kg이었다. 연구 대상자들의 평균 비만도, 체중, 체지방량, 그리고 무지방 조직량은 모두 정상 범위에 속하였다.

2. 운동 형태에 따른 요추와 대퇴골의 골밀도

대조군과 운동 선수군의 요추와 대퇴골의 골밀도는 Table 2와 3에 각각 나타나있다. 요추와 대퇴골은 일반적으로 여성에서 쉽게 골절이 일어나는 부위로, 체중 부하가 되는 곳이다. 골밀도와 함께 동일한 성별에서 비슷한 연령층에 대한 비교를 하기 위해 T값, Z값을 제시하였는데 Z값은 동일한 성별에서 연령이 비슷한 집단의 평균 골밀도와 비교하

Table 1. General characteristics of subjects

Variables	Mean ± SD	Range
Age(years)	20.9 ± 2.4	18.0- 30.0
Weight(kg)	60.6 ± 12.8	41.0- 97.0
Height(cm)	162.4 ± 5.9	150.0- 171.0
Body fat(%)	23.1 ± 5.0	13.6- 31.5
Lean body mass(kg)	46.6 ± 9.0	32.3- 70.5

Table 2. Bone density of lumbar spine by exercise type

Bone mineral density of lumbar		Exercise type(Mean ± SD)			
		General(n = 10)	Weight lifter(n = 10)	Swimmer(n = 10)	
Lumbar 1	BMD(g/cm ²)	0.97 ± 0.07 ^{c1)}	1.28 ± 0.07 ^a	1.08 ± 0.10 ^b	
	Young adult ³⁾	T	-0.76 ± 0.55 ^c	1.83 ± 0.61 ^a	0.15 ± 0.83 ^b
		T(%)	91.33 ± 6.34 ^c	120.67 ± 6.98 ^a	101.56 ± 9.22 ^b
Age matched ⁴⁾	Z	-0.82 ± 0.42 ^b	0.56 ± 0.85 ^a	-0.49 ± 0.96 ^b	
	Z(%)	90.89 ± 4.83 ^b	106.11 ± 8.59 ^a	94.78 ± 10.20 ^b	
Lumbar 2	BMD(g/cm ²)	1.04 ± 0.07 ^c	1.35 ± 0.10 ^a	1.16 ± 0.08 ^b	
	Young adult	T	-0.64 ± 0.61 ^c	1.93 ± 0.82 ^a	0.35 ± 0.65 ^b
		T(%)	93.22 ± 6.46 ^c	120.60 ± 8.60 ^a	103.78 ± 6.98 ^b
Age matched	Z	-0.69 ± 0.48 ^b	0.80 ± 1.15 ^a	-0.28 ± 0.78 ^b	
	Z(%)	92.56 ± 5.22 ^b	108.20 ± 10.9 ^a	97.33 ± 7.87 ^b	
Lumbar 3	BMD(g/cm ²)	1.11 ± 0.06 ^b	1.35 ± 0.10 ^a	1.19 ± 0.09 ^b	
	Young adult	T	0.03 ± 0.79 ^b	1.89 ± 0.87 ^a	0.58 ± 0.75 ^b
		T(%)	98.78 ± 5.74 ^b	120.30 ± 9.19 ^a	106.11 ± 7.87 ^b
Age matched	Z	-0.18 ± 0.42 ^{N.S.2)}	0.77 ± 1.27	-0.06 ± 0.91	
	Z(%)	98.00 ± 4.56 ^{N.S.}	108.00 ± 11.83	99.44 ± 9.06	
Lumbar 4	BMD(g/cm ²)	1.09 ± 0.10 ^b	1.38 ± 0.09 ^a	1.17 ± 0.12 ^b	
	Young adult	T	-0.29 ± 0.84 ^b	2.21 ± 0.76 ^a	0.43 ± 0.97 ^b
		T(%)	97.11 ± 9.13 ^b	123.60 ± 8.24 ^a	104.67 ± 10.37 ^b
Age matched	Z	-0.34 ± 0.68 ^b	1.08 ± 1.11 ^a	-0.20 ± 1.10 ^b	
	Z(%)	96.22 ± 7.14 ^b	111.00 ± 10.77 ^a	97.11 ± 11.55 ^b	

1) Subscripts with different alphabets in a row are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

2) N.S.: Not significant

3) Korea AP spine reference population, ages 20 - 45

4) Matched for age, weight, ethnic.

Table 3. Bone density of femur by exercise type

Bone mineral density of lumbar		Exercise type(Mean \pm SD)		
		General(n = 10)	Weight lifter(n = 10)	Swimmer(n = 10)
Neck	BMD(g/cm ²)	1.00 \pm 0.09 ^{b1)}	1.17 \pm 0.07 ^a	0.92 \pm 0.09 ^c
Young adult ²⁾	T	0.86 \pm 0.72 ^b	2.11 \pm 0.66 ^a	0.15 \pm 0.78 ^c
	T(%)	111.56 \pm 9.74 ^b	126.78 \pm 8.76 ^a	102.11 \pm 10.42 ^c
Age matched ³⁾	Z	0.77 \pm 0.78 ^b	1.74 \pm 0.60 ^a	-0.19 \pm 0.83 ^c
	Z(%)	110.33 \pm 10.64 ^b	121.22 \pm 7.63 ^a	97.56 \pm 10.53 ^c
Ward's	BMD(g/cm ²)	0.95 \pm 0.11 ^b	1.20 \pm 0.12 ^a	0.79 \pm 0.29 ^c
Young adult	T	0.58 \pm 0.85 ^b	2.30 \pm 0.89 ^a	-0.23 \pm 1.10 ^c
	T(%)	108.33 \pm 12.61 ^b	133.11 \pm 12.58 ^a	96.56 \pm 16.20 ^c
Age matched	Z	0.46 \pm 0.93 ^b	1.91 \pm 0.89 ^a	-0.58 \pm 1.12 ^c
	Z(%)	106.78 \pm 13.51 ^b	126.22 \pm 12.26 ^a	92.11 \pm 15.80 ^b
Thochanter	BMD(g/cm ²)	0.80 \pm 0.07 ^b	1.07 \pm 0.09 ^a	0.73 \pm 0.11 ^b
Young adult	T	0.45 \pm 0.64 ^b	133.11 \pm 12.58 ^a	-0.20 \pm 0.98 ^b
	T(%)	106.56 \pm 9.46 ^b	137.11 \pm 10.89 ^a	97.11 \pm 14.40 ^b
Age matched	Z	0.43 \pm 0.69 ^b	2.31 \pm 0.72 ^a	-0.50 \pm 0.99 ^c
	Z(%)	106.33 \pm 10.23 ^b	131.33 \pm 10.07 ^a	93.11 \pm 13.67 ^c

1) Subscripts with different alphabets in a row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

2) Korea AP spine reference population, ages 20 - 45

3) Matched for age, weight, sex and ethnic.

여 표준 편차로 나눈 값이다. Z값이 양(+)의 값이면 평균 보다 골밀도가 높음을 의미하고 음(-)의 값이면 평균 보다 골밀도가 낮음을 나타낸다. T값은 동일한 성별에서 젊은 성인의 평균 골밀도와 비교하여 표준 편차로 나눈 값이다. T값이 -2 이면 성인 집단의 평균 표준 골밀도보다 2 표준 편차 만큼 낮음을 나타낸다.

역도 선수군과 수영 선수군의 평균 요추 골밀도는 각각 L₁에서 1.28 \pm 0.07g/cm², 1.08 \pm 0.10g/cm², L₂에서 1.35 \pm 0.10g/cm²와 1.16 \pm 0.08g/cm², L₃에서 1.35 \pm 0.10g/cm²와 1.19 \pm 0.09g/cm², L₄에서 1.38 \pm 0.09g/cm²과 1.17 \pm 0.12g/cm²를 각각 나타내었다. 이와 같이 요추 L₁, L₂에서 대조군의 L₁ 0.97 \pm 0.07g/cm², L₂ 1.04 \pm 0.07g/cm²에 비해 두 운동선수군이 모두 유의적으로 높았으며 운동 종목에서 체중을 부하하는 운동인 역도 선수군이 체중을 전혀 부하하지 않는 지구성 운동 종목인 수영 선수군 보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 요추 L₃, L₄에서는 역도 선수군의 골밀도가 유의적으로 높은 반면에 수영 선수군의 골밀도는 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 즉 장기간의 역도 훈련은 요추 전체의 골밀도를 증가시키는 반면에 수영은 상위 요추의 골밀도는 증가시키나 하위 요추의 골밀도에는 별로 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

대퇴경부, 와드 삼각부, 대퇴 전자부의 골밀도를 보면 역도 선수의 경우 1.17 \pm 0.12g/cm², 1.20 \pm 0.12g/cm², 1.

07 \pm 0.09g/cm²를 각각 나타내어 세 집단 중 가장 높았다. 이러한 결과는 정상급 남자선수를 대상으로 한 연구에서^{9,24)} 역도 선수들의 대퇴경부, 와드 삼각부, 대전자부의 골밀도가 체중부하가 심하지 않았던 다른 종목 선수의 골밀도 보다 높았던 사실과 일치한다. 반면에 수영 선수군의 경우 대퇴경부의 골밀도는 0.92 \pm 0.09g/cm², 와드 삼각부의 골밀도는 0.79 \pm 0.29g/cm²로 대조군에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 이와 같이 수영 선수군에서 골밀도가 낮은 양상은 대퇴 전자부에서도 나타났으나 대조군에 비하여 유의적 차이를 보이지는 않았다.

T값, T(%), Z값, Z(%)도 역도 선수군의 대퇴골 세부위에서 대조군에 비하여 유의적으로 높았으나 수영 선수군에서 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 한편 역도 선수군의 대퇴경부, 와드 삼각부, 대퇴 전자부의 T값, Z값은 유의적으로 높았으며($p < 0.05$) 양의 수치를 나타내어 한국 여성 표준치나 비슷한 연령층 보다 높은 수치를 나타내었으나, 수영 선수군의 Z값, T값은 음의 값을 나타내어 비슷한 연령의 여성 평균 골밀도 보다 낮음을 보여 위에 언급한 골밀도와 같은 양상을 보였다.

이와 같은 결과는 체중을 부하하는 역도 선수의 요추와 대퇴부 골밀도가 높은 반면에 체중을 부하하지 않는 운동인 수영이나 조정 선수의 경우 운동을 규칙적으로 하지 않은 일반인들의 척추 골밀도 보다 높지 않았던 선행 연구 결과들과 일치한다.^{9,25,26)} 연령 증가에 따른 일생의 골량 변화는

크게 발육기, 강화기를 지나 매우 짧은 기간 동안 일정치를 유지하다가 소실기에 접어들게 된다. 본 연구에 참여한 선수들은 골의 발육기와 강화기에 걸쳐 체중부하운동을 수행하였고 그 결과 골밀도가 증가하였는데 이 시기에는 피질골의 다공성(porosity)이 점차 소실되어 골량이 증가한다. 한편 수영 선수군의 경우 요추 골밀도는 대조군에 비해 높았고 대퇴부 골밀도는 오히려 대조군에 비해 낮게 나타났다. 운동효과가 분절별로(site-specific) 나타날 뿐 아니라, 체중을 거의 부하하지 않은 유산소성 운동을 성장기와 성인기에 걸쳐 장기적으로 실시할 경우 오히려 골밀도에 부정적인 영향을 줄 수 있다는 것을 시사하는 것이라 생각된다. 그러나 이러한 결론 도출을 위해서는 앞으로 일반인과 운동선수들을 대상으로 더 광범위한 연구 조사가 필요하다고 사료된다.

동물실험이나 이론적인 연구 결과들에 의하면 기계적 부하가 골질량 증가를 유도하기 위해서는 최소한의 효과를 나타낼 수 있는 긴장이 필요하며, 정상과 달리 간헐적이면서 역동적인 방식의 부하 뿐 아니라, 부하강도가 중요하다고 한다.^{14,27)} 체중부하 운동을 6개월 이상 실시하는 경우 대퇴부 골밀도가 증가되며 요추의 골밀도도 1년 정도의 지속적인 운동에 의해 증가한다고 한다.²⁸⁾ 그러므로 본 연구결과

대표적인 저항성 운동인 역도 훈련이 최대 골질량을 높임으로써 골밀도를 증가시킨다는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 저항성 운동이 요추와 대퇴골량과 강도를 증가시키는 것은 골막하의 골형성 증가와 내피질골의 골형성 감소에 의해 피질골의 이동(cortical drift)을 가속화시키고 골형성을 증가시키기 때문이라고 한다.²⁹⁾

한편 여러 연구결과 지구성 운동 또한 골밀도에 영향을 미친다고 한다. Wolman 등⁷⁾이 운동선수를 대상으로 지구성 운동 종목별로 선수들의 골밀도를 비교하였을 때 지구성 달리기 선수들의 골밀도가 가장 높게 나타났으며 댄스와 조정선수들은 일반 대조군과 차이가 없었다고 한다. 그러나 지구성 달리기 선수들의 골밀도와 유산소성 능력이 가장 높았지만 최대 산소 섭취량과 피질 골밀도 사이에는 아무런 상관 관계를 보이지 않는 것으로 미루어 볼 때 유산소 훈련 자체가 골형성을 자극하지 않음을 알 수 있었다. 즉 단순한 유산소성 능력 보다 지구성 운동이 자신의 체중을 가지고 운동을 수행하여 상당한 순환적 부하를 주는 경우 골밀도를 증가시키므로 운동 효과는 주로 운동 특성 중 체중부하 여부에 달려 있다고 하겠다.

골밀도에 대한 운동의 효과는 이와 같이 운동의 형태에

Table 4. Nutrient intakes of subjects by exercise type(Mean ± SD)

Nutrient	Exercise type		
	General(n = 10)	Weight lifter(n = 10)	Swimmer(n = 10)
Energy(kcal)	1412.7 ± 480.0 ^{b2)}	2642.5 ± 753.1 ^a	2377.3 ± 989.3 ^a
Energy: RMR ¹⁾	1.15 ± 0.41 ^b	1.76 ± 0.42 ^a	1.69 ± 0.69 ^a
Protein(g)	41.7 ± 14.9 ^b	95.8 ± 31.1 ^a	93.4 ± 45.2 ^a
Protein(% kcal)	11.8 ± 1.8 ^b	14.5 ± 2.6 ^a	15.4 ± 2.7 ^a
Protein(g/kg wt)	0.84 ± 0.35 ^b	1.4 ± 0.5 ^a	1.5 ± 0.7 ^a
Fat(g)	37.4 ± 19.7 ^b	81.7 ± 24.8 ^a	88.3 ± 47.1 ^a
Fat(% kcal)	22.8 ± 5.2 ^b	28.1 ± 5.5 ^{ab}	31.5 ± 8.4 ^a
Carbohydrate(g)	222.5 ± 53.9 ^b	377.6 ± 122.8 ^a	291.8 ± 105.6 ^{ab}
Carbohydrate(% kcal)	64.8 ± 7.2 ^a	57.1 ± 6.8 ^{ab}	51.8 ± 12.3 ^b
Fiber(g)	4.2 ± 2.1 ^{N.S.3)}	6.3 ± 2.5	4.6 ± 2.0
Calcium(mg)	384.2 ± 158.5 ^{N.S.}	582.7 ± 246.3	515.1 ± 290.6
Phosphate(mg)	687.4 ± 197.6 ^b	1267.9 ± 381.5 ^a	1205.8 ± 588.0 ^a
Iron(mg)	14.0 ± 7.1 ^{N.S.}	13.7 ± 7.1	14.5 ± 6.0
Na(mg)	3231.0 ± 1531.7 ^{N.S.}	4182.4 ± 1552.1	3629.9 ± 1658.7
K(mg)	1953.4 ± 764.7 ^{N.S.}	2554.5 ± 1115.7	2750.1 ± 1228.1
Vitamin A(R.E.)	436.7 ± 297.0 ^b	711.6 ± 532.3 ^a	705.5 ± 364.1 ^{ab}
Vitamin B1(mg)	0.82 ± 0.30 ^b	1.4 ± 0.5 ^{ab}	1.1 ± 0.4 ^a
Vitamin B2(mg)	0.83 ± 0.30 ^b	1.3 ± 0.6 ^{ab}	1.4 ± 0.8 ^a
Niacin(mg)	8.5 ± 3.9 ^b	19.5 ± 8.7 ^a	21.3 ± 10.2 ^a
Vitamin C(mg)	90.7 ± 97.7 ^{N.S.}	160.4 ± 163.6	105.8 ± 67.6
Cholesterol(mg)	125.0 ± 72.0 ^b	426.7 ± 372.5 ^a	385.3 ± 251.4 ^a

1) RMR: resting metabolic rate(kcal/day)

2) Subscripts with different alphabets in a row are significantly different at p < 0.05 by Duncan's multiple range test.

3) N.S.: not significant

영향을 받을 뿐 아니라 골 위치에 따라 특이성을 보여 주로 부하를 받거나 사용하는 부위의 골밀도에 가장 큰 영향을 미치는데^{6,15)} 본 연구에서도 역도 종목에 있어서 대퇴부, 요추의 골밀도가 높았지만 수영종목의 경우 요추 일부분에서는 골밀도가 증가되었으나 대퇴부 골밀도에는 아무런 변화가 없는 것으로 나타나 이러한 점을 반영한다고 하겠다.

3. 운동형태에 따른 식이 섭취 상태

운동형태에 따른 대상자들의 영양소 섭취량은 Table 4와 5에 제시되었다. 열량과 단백질, 지방 섭취량은 두 운동 선수군에서 대조군에 비해 모두 유의적으로 높았고 탄수화물 섭취량은 역도 선수군만이 대조군에 비해 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 그러나 이를 탄수화물, 지방, 단백질의 열량 섭취 구성비로 나타내면 역도 선수군은 57 : 28 : 15, 수영 선수군은 52 : 32 : 15의 구성비를 보인 반면 대조군은 65 : 23 : 12로 나타나 운동 선수들이 대조군 보다 지방과 단백질 섭취에 의존하는 비율이 높은 반면에 탄수화물 섭취에 의존하는 비율이 낮았으며 이러한 열량섭취 구성비의 차이는 수영 선수군에서 더욱 뚜렷하게 나타났다. 그리고 두 선수군의 열량 섭취량 중 지방열량 비율이 30% 내외를 나타내어 한국인 식이 지침에서 권장하는 지방열량 섭취비율인 20% 보다 높았다.³⁰⁾

휴식 대사량에 대한 열량 섭취량의 비율은 휴식 대사량을 한국인 열량권장량 설정에 사용한 WHO³¹⁾의 체중 공식에 의해 계산하였는데, 역도 선수군은 1.76, 수영 선수 군은 1.69이었다. 이는 한국인 영양권장량 설정시 심한 활동에 사용하는 여자의 활동계수 1.65와 비슷한 수준이었다.

단백질 섭취량을 체중 1kg당으로 나타내었을 때 단백질 섭취량은 두 운동 선수군에서 유의적으로 높아 체중 1kg당 1.4~1.5kg을 보였다. 선수들에서 이러한 수준의 단백질 섭취는 일반적으로 운동 선수에게 권장되는 수준이다.³²⁾

무기질 섭취량을 보면 칼슘 섭취량은 집단간에 유의적 차

이를 보이지 않았으나 운동 선수군들에서 높은 경향을 나타내었으며, 인 섭취량은 두 운동군에서 대조군에 비해 모두 유의적으로 높았고($p < 0.05$) 운동 종목에 따른 차이는 보이지 않았다. 철분 섭취량은 집단간에 차이를 나타내지 않았고 나트륨, 칼륨 섭취량은 집단간에 유의적 차이를 보이지 않았으나 운동 선수군들에서 그 섭취량이 높은 경향을 보였다. 비타민 A, B₁, B₂, niacin, 비타민 C, 콜레스테롤 섭취량은 대조군에 비해 두 선수군에서 모두 유의적으로 높았으나($p < 0.05$) 운동종목에 따른 차이는 나타내지 않았다. 영양소 섭취 급원을 동물성식품과 식물성식품을 구분해 보면 운동 선수군들은 단백질을 동물성 식품으로부터 많은 양을 공급받았으며 두 운동 선수군에서도 차이는 보여 수영선수군의 경우 동물성 식품으로부터 단백질과 지방은 훨씬 더 많이 공급받았다. 특히 지방의 경우 동물성 지방 섭취비율이 1/2를 넘었다. 그러나 칼슘의 급원식품은 운동 형태에 따른 차이를 보이지 않았다. 철분의 경우 대조군이 80% 이상을 식물성 식품에서 섭취하는 반면에 운동군의 경우 60~65% 정도를 식물성 식품에서 섭취하여 선수군에서는 비교적 철분의 생체흡수율이 높은 동물성 철분 섭취가 대조군보다 높은 것으로 나타났지만 전반적으로 체내 이용율이 낮은 식물성 철분에 의존하고 있음을 보였다.

4. 요추 및 대퇴 골밀도와 식이 요인과의 상관관계

골밀도와 식이 요인과의 관련성을 파악하기 위하여 먼저 요추 및 대퇴부 골밀도와 식이 요인과의 상관성을 살펴보았다(Table 6, 7). 이를 위하여 본 연구에서는 세 집단을 통합하여 식이 요인과 골밀도와의 상관관계를 분석하였다. 요추 L₁의 골밀도는 열량, 탄수화물, 비타민 B₁, 식물성 단백질 섭취량과 양의 상관성을 나타내었고($p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.05$), L₂의 골밀도는 열량, 단백질, 탄수화물, 비타민 B₁ 섭취량과 양의 상관관계를($p < 0.05$, $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.05$) 나타내었으며, L₃의 골밀도는 탄수화물과 비타

Table 5. Nutrient intakes of subjects by exercise type(Mean \pm SD)

Nutrient	Exercise type		
	General(n = 10)	Weight lifter(n = 10)	Swimmer(n = 10)
Animal protein(g)	17.6 \pm 10.9 ¹⁾	51.6 \pm 24.0 ^a	60.1 \pm 34.2 ^a
Vegetable protein(g)	24.1 \pm 8.4 ^b	47.7 \pm 19.9 ^a	33.4 \pm 15.1 ^{ab}
Animal fat(g)	14.9 \pm 12.1 ^b	39.7 \pm 20.9 ^a	54.3 \pm 32.8 ^a
Vegetable fat(g)	22.6 \pm 10.8 ^b	42.0 \pm 13.8 ^a	34.0 \pm 23.3 ^{ab}
Animal calcium(mg)	182.4 \pm 140.5 ^{N.S.2)}	335.3 \pm 235.4	248.0 \pm 215.3
Vegetable calcium(mg)	201.8 \pm 55.4 ^{N.S.}	247.3 \pm 119.0	267.2 \pm 112.8
Animal iron(mg)	2.7 \pm 2.1 ^b	5.1 \pm 2.9 ^{ab}	6.6 \pm 4.6 ^a
Vegetable iron(mg)	11.4 \pm 7.2 ^{N.S.}	8.8 \pm 5.4	8.2 \pm 3.2

1) Subscripts with different alphabets in a row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
 2) N.S.: not significant

민 B₁의 섭취량과 각각 양의(p < 0.05, p < 0.05) 상관성을 보였으나 L₄ 골밀도와 관련성을 보이는 영양소는 없었다. 대퇴골의 경우 대퇴경부, 워드 삼각부, 대퇴전자부 모두에서 영양소 섭취량과 관련성을 보이는 영양소는 없었다. 이와 같이 본 연구에서 골 위치에 따라 골밀도와 상관성을 보이는 영양소가 다른데 이는 골밀도가 운동종목에 의해 영향받을 뿐 아니라 영양섭취의 영향이 부위별로 다르기 때문으로 보인다.

국내 성인 여성의 골밀도와 영양소 섭취량과의 상관관계를 조사한 연구 결과에 따르면 동물성 칼슘, 철분, 열량과 전신 골밀도는 양의 상관관계를 나타냈었고³³⁾ 요추 골밀도와 단백질(동물성 단백질), 칼슘(동물성 칼슘), 인, 동물성 철분의 섭취가 유의적인 양의 상관성을 보였으며 대퇴 경부와는 유의한 상관성을 보인 영양소가 없었다.²¹⁾ 그리고 Kim³⁴⁾의 연구에서 동물의 골밀도는 동물성 단백질과 칼슘이 상관성을 보인다고 하였으나 폐경기 전후의 여성을 조사한 Sung 등²³⁾의 연구에서는 요추, 대퇴부 골밀도와 식이 요인간에 상관성을 나타내지 않았다. 본 연구에서는 연구대상

자의 2/3가 운동선수이고 이들의 골밀도와 영양소섭취와의 관계를 본 연구가 전무하기 때문에 우리 나라의 다른 연구 결과들과 비교하기가 어려웠다.

한편 일반적으로 사람을 대상으로 질병지표와 영양소 섭취와의 관련성을 조사하는데 있어 실측법이 아닌 식이 조사법을 사용한 경우 거의 대부분의 영양소 섭취 효과가 에너지 섭취에 영향받게 되므로 Willett³⁵⁾는 식이의 영향을 정확하게 평가하기 위하여 에너지 보정의 필요성을 주장하였다. 본 연구에서도 골밀도와 영양소 섭취량과의 상관관계를 나타내는데 Willett 방법을 사용하여 에너지 섭취량 효과를 보정하여 Table 6과 7에 제시하였다. 열량 보정 후 요추 L₁ 골밀도와 상관성을 나타내는 영양소는 단백질, 탄수화물, 인, 비타민 B₁, 식물성 단백질, 식물성 지방등으로 각각 양의 상관성을 나타내었다(p = 0.0004, p = 0.039, p = 0.0008, p = 0.0122, p = 0.0079, p = 0.0089). 요추 L₂의 골밀도는 열량 보정된 영양소 섭취량 중에서 단백질, 지방, 탄수화물, 칼슘, 인, 비타민 B₁, niacin, 동물성과 식물성 단백질, 지방 섭취량과 양의 상관성을 보였으나(p = 0.0001,

Table 6. Correlation coefficients between bone mineral density of lumbar spine and nutrient intakes(Energy unadjusted & Energy adjusted)

Nutrient	Lumbar 1 BMD		Lumbar 2 BMD		Lumbar 3 BMD		Lumbar 4 BMD	
	Unadjust.	Adjust.	Unadjust	Adjust.	Unadjust	Adjust.	Unadjust	Adjust.
Energy	0.379*		0.404*		0.303		0.233	
Protein	0.333	0.629***	0.375*	0.656***	0.254	0.558**	0.173	0.535**
Fat	0.230	0.369	0.295	0.410*	0.196	0.345	0.094	0.286
Carbohydrate	0.483**	0.616***	0.461**	0.578**	0.382*	0.532**	0.355	0.563**
Fiber	0.176	0.325	0.182	0.337	0.172	0.371	0.189	0.480**
Cholesterol.	0.299	0.164	0.269	0.116	0.143	0.019	0.134	0.071
Ca	0.134	0.355	0.198	0.391*	0.142	0.375*	0.005	0.282
P	0.284	0.607***	0.330	0.624***	0.204	0.524**	0.139	0.532**
Fe	-0.159	-0.302	-0.167	-0.303	-0.211	-0.296	-0.252	-0.283
Na	0.136	0.343	0.177	0.363	0.124	0.343	0.020	0.285
K	0.064	0.178	0.105	0.195	0.024	0.150	-0.051	0.127
Vit. A	0.179	0.239	0.149	0.191	0.171	0.251	0.124	0.244
Vit. B1	0.393*	0.476*	0.435*	0.518**	0.421*	0.535**	0.304	0.444*
Vit. B2	0.111	0.137	0.165	0.155	0.054	0.082	-0.081	-0.029
Niacin	0.237	0.333	0.299	0.386*	0.243	0.383*	0.121	0.290
Vit. C	0.253	0.215	0.205	0.202	0.282	0.267	0.280	0.258
Ani. protein	0.232	0.373	0.326	0.452*	0.229	0.391*	0.094	0.288
Veg. protein	0.376*	0.500**	0.084	0.383*	0.163	0.349	0.149	0.481**
Ani. fat	0.112	0.288	0.215	0.379*	0.138	0.338	-0.009	0.220
Veg. fat	0.319	0.494**	0.301	0.430*	0.207	0.373*	0.216	0.473**
Ani. Ca	0.120	0.135	0.185	0.169	0.129	0.153	-0.029	0.014
Veg. Ca	0.087	0.087	0.104	0.091	0.081	0.130	0.071	0.186
Ani. Fe	0.024	0.121	0.117	0.213	0.111	0.268	-0.033	0.150
Veg. Fe	0.198	-0.358	0.267	-0.407*	0.312	-0.427*	0.269	-0.353

*: significant at p < 0.05 **: significant at p < 0.01 ***: significant at p < 0.001

Table 7. Correlation coefficients between bone mineral density of femur and nutrient intakes(Energy unadjusted & Energy adjusted)

Nutrient	Neck BMD		Ward's BMD		Trochanter BMD	
	Unadjust.	Adjust.	Unadjust	Adjust.	Unadjust	Adjust.
Entrient	0.153		-0.009		0.281	
Protein	0.037	0.207	-0.150	0.067	0.160	0.311
Fat	-0.023	-0.090	-0.163	-0.136	0.110	0.023
Carbohydrate	0.331	0.174	0.186	0.150	0.440*	0.250
Fiber	0.120	0.270	0.161	0.346	0.430*	0.567**
Cholesterol.	0.155	0.010	-0.088	-0.183	0.133	0.159
Ca	-0.017	0.181	-0.122	0.136	0.129	0.321
P	-0.012	0.226	-0.188	0.094	0.136	0.365
Fe	-0.113	-0.308	-0.154	-0.204	0.011	-0.220
Na	0.007	0.128	-0.106	0.076	0.105	0.210
K	-0.214	-0.254	-0.241	-0.165	0.024	0.003
Vit. A	-0.067	-0.057	-0.153	-0.086	0.023	0.010
Vit. B1	0.230	0.272	-0.053	0.007	0.285	0.296
Vit. B2	-0.142	-0.187	-0.249	-0.191	0.032	-0.019
Niacin	-0.051	-0.041	-0.167	-0.073	0.134	0.133
Vit. C	-0.009	-0.174	0.257	0.124	0.366	0.238
Ani. protein	-0.064	0.016	-0.276	-0.155	0.011	0.048
Veg. protein	0.188	0.387*	0.114	0.393*	0.208	0.519*
Ani. fat	-0.107	0.030	-0.253	-0.072	-0.003	0.112
Veg. fat	0.116	0.331	0.039	0.334	0.241	0.425*
Ani. Ca	0.057	0.083	-0.108	-0.031	0.108	0.095
Veg. Ca	-0.154	-0.158	-0.077	0.059	0.096	0.086
Ani. Fe	-0.100	-0.042	-0.261	-0.151	-0.029	-0.008
Veg. Fe	-0.075	-0.302	-0.346	-0.133	0.567**	-0.226

*: significant at $p < 0.05$ **: significant at $p < 0.01$ ***: significant at $p < 0.001$

$p = 0.0303$, $p = 0.0013$, $p = 0.0398$, $p = 0.0004$, $p = 0.0048$, $p = 0.0425$, $p = 0.0158$, $p = 0.0443$, $p = 0.0466$ ($p = 0.0226$), 식물성 철분 섭취량과는 음의 상관성을 보였다($p = 0.0466$). 요추 L₃의 골밀도는 단백질, 탄수화물, 칼슘, 인, 비타민 B₁, niacin, 동물성 단백질과는 양의 상관성을 ($p = 0.0021$, $p = 0.0036$, $p = 0.0493$, $p = 0.0042$, $p = 0.0033$, $p = 0.0441$, $p = 0.0395$), 식물성 철분과는 음의 상관성을 보였다($p = 0.0235$). 요추 L₄ 골밀도는 단백질, 탄수화물, 인, 비타민 B₁, 식물성 단백질 및 식물성 지방과 양의 상관성($p = 0.0033$, $p = 0.0018$, $p = 0.0036$, $p = 0.0179$, $p = 0.0096$, $p = 0.0110$)을 보였다. 대퇴골의 경우 대퇴경부와 와드 삼각부는 식물성 단백질과 각각 양의 상관관계를 보였으며($p = 0.0459$, $p = 0.0426$), 대퇴전자부는 식이섬유, 식물성 단백질 및 지방 섭취량과 양의 상관관계를 보였다($p = 0.0017$, $p = 0.0056$, $p = 0.0273$) 열량 보정을 통해 많은 영양소들이 요추의 골밀도와 상관성을 나타내었으나 대퇴골의 경우 식이 섬유와 식물성 단백질 및 지방을 제외하고는 영양소 섭취량과 관련성을 나타내지 않았

다. 열량 섭취량을 보정하므로써 골밀도와 관련성을 보이는 영양소의 종류와 수가 변화하였는데 이는 결국 골밀도에 대한 영양소 섭취의 효과가 열량 섭취량에 직접 간접으로 영향을 받고 있음을 시사하는 것이라 생각된다.

5. 골밀도 변이의 영양적 설명 인자

위에서 상관관계 분석에 의해 나타난 관련성은 영양소 간에 상호 작용에 의한 것일 수 있기 때문에 골밀도에 대한 영양소 섭취의 독립적인 영향을 평가하기 위해 골밀도를 종속 변수로, 열량 섭취량과 열량 보정된 영양소 섭취량을 독립 변수로 하여 단계적 다중 회귀 분석을 실시하여 골밀도의 변이를 설명하고자 하였다(Table 8, 9). 요추 L₁, L₂, L₃의 골밀도는 단백질 섭취량, 철분 섭취량에 의해 각각 골밀도 변이의 49.3%, 53.1%와 40.6%를 설명하였고, L₄의 경우 인, 비타민 B₂, 철분 섭취량으로 60.8%를 설명하였다. 대퇴골을 보면 대퇴경부와 와드 삼각부는 식물성 단백질 섭취량으로 골밀도 변이의 15.5%와 15.8%를 각각 설명할 수 있었으며 대퇴전자부는 식이섬유와 철분 섭취량으로 골밀도

Table 8. Energy-adjusted nutrient predictors for bone mineral density of lumbar spine

Dependent variable	Independent variable	b	SE(b)	t-test	p-value	Beta	Beta × r ⁺ × 100
L ₁ BMD	Intercept	1.1019	0.0982	11.217	0.0001		
	Protein	0.0030	0.0007	4.179	0.0004	0.5912	37.19
	Fe	-0.0156	0.0055	-2.843	0.0092	-0.4022	12.15
R ² of model(%) = 49.3							
L ₂ BMD	Intercept	1.1605	0.0931	12.469	0.0001		
	Protein	0.0033	0.0007	4.710	0.0001	0.6278	41.2
	Fe	-0.0154	0.0052	-2.950	0.0070	-0.3931	11.9
R ² of model(%) = 53.1							
L ₃ BMD	intercept	1.2142	0.0931	13.047	0.0001		
	Protein	0.0024	0.0007	3.483	0.0019	0.5315	29.6
	Fe	-0.0128	0.0052	-2.444	0.0223	-0.3729	11.0
R ² of model(%) = 40.6							
L ₄ BMD	Intercept	1.2490	0.0929	13.442	0.0001		
	P	0.0004	0.0001	5.656	0.0001	0.8793	46.7
	Vit.B2	-0.2326	0.0597	-3.895	0.0007	-0.6063	1.8
	Fe	-0.0177	0.0049	-3.639	0.0014	-0.4342	12.3
R ² of model(%) = 60.8							

+ : r = Pearson correlation coefficient

Table 9. Energy-adjusted nutrient predictors for bone mineral density of femur

Dependent variable	Independent variable	b	SE(b)	t-test	p-value	Beta	Beta × r ⁺ × 100
Neck BMD	Intercept	0.8903	0.0690	12.905	0.0001		
	Vegetable protein	0.0044	0.0021	2.142	0.0425	0.4006	15.5
R ² of model(%) = 15.5							
Ward's BMD	Intercept	0.7161	0.1298	5.515	0.0001		
	Vegetable protein	0.0083	0.0039	2.144	0.0423	0.4010	15.8
R ² of model(%) = 15.8							
Trochanter BMD	Intercept	0.7300	0.1158	6.303	0.0001		
	Fiber	0.0748	0.0180	4.157	0.0004	0.6421	36.4
	FE	-0.0142	0.0067	-2.115	0.0455	-0.3266	7.2
R ² of model(%) = 43.6							

+ : r = Pearson correlation coefficient

변이의 43.6%를 설명할 수 있었다. 이와 같이 열량 보정된 영양소 섭취량과의 관계를 보았을 때 대부분의 골 분절에서 단백질과 철분의 섭취량이 주요한 독립적인 요인임을 보였지만, 골밀도를 설명할 수 있는 영양적 요인은 골분절에 따라 차이를 보였다. 그리고 대퇴골의 경우 영양적 요인으로 골밀도 변이의 설명력이 매우 낮아 영양적 요인 보다 체중부하 운동과 같은 다른 외부적 요인에 크게 영향 받고 있다고 하겠다. 한편 일반적으로 골밀도에 큰 영향을 주는 것으로 알려진 칼슘의 섭취량은 본 연구 대상자에서 큰 영향을 보이지 않는 반면 식이 섬유 섭취량 등이 골밀도에 영향을 미치는 것으로 나타났는데 이는 본 연구의 대상자가 운동에 의한 영향이 종목에 따라 다르며 운동적인 요소가 골분절에 따라 각기 달리 작용 하므로써 변이에 대한 영양섭

취의 효과가 운동효과에 간섭(confounding)을 받은 것으로 보여진다.

폐경 이후의 골다공증 예방과 골절 위험의 예방을 위해서는 성인기까지의 최대 골질량의 증대를 통한 골밀도 향상이 필요하다. 골밀도와 최대 골질량은 유전적인 요인과 체중을 부하 하는 기계적인 자극, 에너지 소비량과 영양적 요인에 의해 영향을 받는다. 본 연구에서는 최대 골질량에 영향을 주는 운동을 장기적으로 하는 선수와 그렇지 않은 일반인들을 대상으로 통합하여 조사하였을 때 영양소 섭취에 의해 골밀도 변이의 일부분을 설명할 수 있어 운동 수행 여부나 종목에 상관없이 영양 섭취가 중요한 요소임을 보였다. 그리고 골밀도 변이 중 본 연구의 영양적 요소로 설명되지 않은 나머지 부분은 운동에 의한 기계적 체중 부하 자극과 강

도 등으로 설명될 수 있을 것으로 보인다.

요약 및 결론

본 연구는 일반 여자대학생 10명, 저항성 운동인 역도 선수 10명 및 지구성 운동인 수영선수 10명의 영양소 섭취, 체격과 요추 및 대퇴부의 골밀도를 측정하여 선수들의 골밀도에 미치는 식이 섭취의 영향을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 대상자들의 요추와 대퇴부 골밀도는 역도 선수군에서 가장 높았으며 수영선수군의 경우 요추 L₁, L₂에서 높았으나 요추의 다른 부위와 대퇴골에서는 대조군과 유의적 차이를 보이지 않았다.

2) 대상자들의 영양소 섭취량은 열량, 단백질, 지방의 섭취량이 두 선수군에서 높았고 탄수화물 섭취량은 역도 선수에서만 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 열량 섭취량을 휴식 대사량에 대한 비율로 나타내었을 때 선수의 열량 섭취량은 심한 활동을 위한 필요량 수준으로 섭취하고 있었다. 열량 구성을 보면 두 운동 선수군에서 열량 중 탄수화물 섭취 비율이 낮은 반면에 지방과 단백질의 섭취 비율이 높았다. 또한 두 운동 선수군에서 동물성 급원 식품의 섭취비율이 대조군보다 높았다. 인, 비타민 A, B₁, B₂, niacin, 비타민 C, 콜레스테롤 섭취량은 대조군에 비해 두 선수군에서 모두 유의적으로 높았으나($p < 0.05$) 운동 종목간에 유의적 차이는 보이지 않았다.

3) 영양소 섭취량과 골밀도와의 상관 분석에서 열량, 단백질, 탄수화물 및 비타민 B₁ 섭취량은 요추의 각 분절과 양의 상관성을 보였으나 대퇴부위와 상관성을 나타내는 영양소는 드물었다. 그러나 열량을 보정하였을 때 많은 영양소들이 요추 골밀도와 양의 상관성을 나타내었으나 대퇴부 골밀도를 설명할 수 있는 영양소는 식이섭취와 식물성 단백질 섭취 뿐이었다. 나이가 골밀도 변이를 독립적으로 설명할 수 있는 영양소를 단계적 다중 회귀법에 의해 분석하였을 때 요추의 골밀도는 단백질, 철분, 인, 비타민 B₂ 섭취에 의해, 대퇴부 골밀도는 식물성 단백질, 식이 섬유와 철분 섭취량 등에 의해 변이의 일부를 설명하여 운동이외에 영양소 섭취상태가 독립적인 인자가 될 수 있음을 보였다.

결론적으로 성장기와 성인기 동안 체중 부하를 많이 하는 저항성 운동인 역도를 장기간 수행한 젊은 여자 선수의 경우 요추와 대퇴의 골밀도는 향상되었으나 체중부하를 거의 하지 않으면서 심폐기능을 향상시키는 지구성 운동인 수영은 요추의 골밀도는 증가시키나 대퇴 골밀도를 저하시켜 골다공증 예방대책으로 적당치 않다고 하겠다. 그리고 운동종

목이나 운동 여부에 상관없이 영양소 섭취는 요추와 대퇴부 골밀도 변이를 설명할 수 있는 독립적인 요인이었으며 변이를 설명할 수 있는 영양소는 골분절에 따라 차이를 보였다.

Literature cited

- 1) Matkovic V, Fontana D, Tominac D, Goel P, Chesnut CH. Factors the influence peak bone mass formation: A study of calcium balance and the inheritance of bone mass in adolescent females. *Am J Clin Nutr* 52: 878-888, 1990
- 2) Mosekilde I, Danielsen CC, Sogaard CH, Thorling E. The effect of long term exercise on vertebral and femoral bone mass, dimensions and strength-assessed in a rat model. *Bone* 15: 293-301, 1994
- 3) Newhall KM, Rodnick KJ, van der Meulen MC, Carter DR, Marcus RT. Effects of voluntary exercise on bone mineral content in rats. *J Bone Miner Res* 6: 289-296, 1991
- 4) Davicco MJ, Gaumet-Meunier N, Lebeque P, Coxam V, Barlet JP. Endurance training and bone metabolism in middle-aged rats. *Mechan Ageing Develop* 109: 83-96, 1999
- 5) Yeh JK, Liu CC, Aloia JF, Foto A. Effect of treadmill running and ovariectomy on femoral and lumbar vertebrae in young and adult rats. *Cells Mater Suppl* 1: 159-166, 1991
- 6) Iwamoto J, Yeh JK, Aloia JF. Differential effect of treadmill exercise on three cancellous bone sites in the young growing rat. *Bone* 24(3): 163-169, 1999
- 7) Wolman R, Paulman L, Clark P, Hesp R, Haaries M. Different training patterns and bone mineral density of the femoral shaft in elite, female athletes. *Ann Rheumatic Dis* 50: 4876-489, 1991
- 8) Hamdy B, Anderson J, Whalen K, Harvill L. Regional differences in bone density of young men involved in different exercises. *Med Sci Sports Exerc* 26: 884-883, 1994
- 9) Karlsson MK, Jonnell C, Obrant KJ. Bone mineral density in weight lifters. *Calcif Tissue Int* 52: 212-215, 1993
- 10) Snow-Harter C, Bouxsein ML, Lewis BT, Carter DR, Marcus R. Effects of resistance and endurance exercise on bone mineral density of postmenopausal women: a randomized exercise intervention trial. *J Bone Miner Res* 7: 761-769, 1992
- 11) Layne JE, Nelson ME. The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Med Sci Sports Exerc* 31(1): 25-30, 1999
- 12) Fujimura R, Ashizawa N, Watanabe M, Mukai N, Amagai H, Fukubayashi T, Hazashi K, Tokuyama K, Suzuki M. Effect of resistance exercise training on bone formation and resorption in young male subjects assessed by biomarkers of bone metabolism. *J Bone Miner Res* 12(4): 656-662, 1997
- 13) Jiggers DJ, Chambers TJ, Chow JW. Stimulation of bone formation by dynamic mechanical loading of rat caudal vertebrae is not suppressed by 3-amino-1-hydroxypropylidene-1-bisphosphonate(AHPBrBP). *Bone* 16: 309-313, 1995
- 14) Martin AD, McCulloch WJ. Bone dynamics: Stress, strain and fracture. *J Sport Sci* 5: 155-163, 1987
- 15) Lee GY. Prediction of bone mineral density and physical performance. *Korean J Sport Med* 13(2): 191-198, 1995
- 16) Frhily AM, Coles RJ, Evans WD, Elwood PC. Factors affecting bone density in young adults. *Am J Clin Nutr* 56: 579-586, 1992
- 17) Metz JA, Anderson JJB, Gallagher PN. Intake of calcium, phosphorus, and protein, and physical activity level are related to radial bone mass in young adult women. *Am J Clin Nutr* 58: 537-542, 1993
- 18) Kardinaal AFM, Hoorneman G, Vaananen K, Charels P, Ando S, Maggolini M, Charzewska J, Rotily M, Deloraine A, Heikkinen J, Juvin

- R, Schaafsma G. Determinants of bone mass and bone geometry in adolescent and young adult women. *Calcif Tissue Int* 66: 81-89, 2000
- 19) Lee ZS, Kim EM. Effect of ovariectomy and dietary calcium levels on bone metabolism in rats fed low calcium diet during growing period. *Korean J Nutr* 31(3): 279-288, 1998
 - 20) Lee YS, Park MN, Kim EM. Effect of dietary calcium levels on peak bone mass formation in growing female rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26(3): 480-487, 1997
 - 21) Kim KR, Kim KH, Lee, EK, Lee, SS. A study on the factors affecting bone mineral density in adult women -Based on the mothers of elementary school students. *Korean J Nutr* 33(3): 241-249, 2000
 - 22) Choi MJ, Jung YJ. The relationship between food habit nutrient intakes and bone mineral density and bone mineral content in adult women. *Korean J Nutr* 31(9): 1446-1456, 1998
 - 23) Sung CJ, Baek SK, Lee HS, Kim MH, Choi SH, Lee SY, Lee DH. A study of body anthropometry and dietary factors affecting bone mineral density in Korean pre- and postmenopausal women. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30(1): 159-167, 2001
 - 24) Kwon CY, Kim TY. Comparison of leg and arm bone mineral densities in elite sportler with different exercise type and students majoring physical education
 - 25) Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievanen H, Manttari A, Vuori H. Bone mineral density of female athletes in different sports. *Calcif Tissue Int* 23: 1-14, 1993
 - 26) Controy BP, Kraemer WJ, Maresh CM, Fleck SJ, Stone MH, Fly AC, Miller FD, Dalsky GP. Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. *Med Sci Sports Exerc* 25: 103-1109, 1993
 - 27) Lee SJ, Imai A, Ishi T, Suzuki M. Effect of resistance exercise training on femur bone mineral density of growing rats. *Nippon Exer Physiol* 7: 19-27, 2000
 - 28) Kim DH, Yeun YB. Understanding of female athletes triad for protection of female athletes. Proceeding of 7th Congress of Korean Sports Exercise Nutrition Association, pp.88, 1999
 - 29) Notomi A, Lee SJ, Okimoto N, Okazaki Z, Takamoto T, Nakamura T, Suzuki M. Effects of resistance exercise training on mass, strength and turnover of bone in growing rats. *Eur J Appl Physiol* 82: 268-274, 2000
 - 30) Recommended Dietary Allowances for Koreans. Korean Society of Nutrition, 7th Revision, 2001
 - 31) WHO. Energy and protein requirement report of a joint FAO/WHO/UNU meeting, Geneva, WHO/WHO technical report series #274, 1985
 - 32) Lee MC, Kim M, Hong H, Kim Y. A research for the recommended dietary allowances of Korean competitive athletes according to the different types of sports. *Kor J Exe Nutr* 4(1): 1-20, 2000
 - 33) Lee HJ, Choi MJ. The effect of nutrient intake and energy expenditure on bone mineral density of Korean women in Taegu. *Korean J Nutr* 29(6): 622-633, 1996
 - 34) Kim WY. Osteoporosis and dietary facotrs. *Korean J Nutr* 27(6): 629-645, 1994
 - 35) Willett W. Implications of total energy intake for epidemiologic analyses. In: *Nutritional Epidemiology*, pp.245-271, Oxford University Press. New York, 1991