

건강한 한국 성인 남성에서 골밀도와 중성지방의 상관관계

손준석¹, 고현민², 박종경²

성균관대학교 의과대학 삼성창원병원 ¹직업환경의학과, ²가정의학과

Relationship between Triglyceride and Bone Mineral Density in Healthy Korean Men

Jun-Seok Son¹, Hyun-Min Koh², Jong-kyung Park²

Departments of ¹Occupational & Environmental Medicine and ²Family Medicine, Samsung Changwon Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Changwon, Korea

Background: As the elderly population increasing, the interest in osteoporosis, hyperlipidemia, and cardiovascular diseases has increased in recent years. In accordance with such trend, many studies regarding correlations between bone density and hyperlipidemia have been conducted. However, the study outcomes have been inconsistent so far, and most of the studies focused on females. Therefore, this study aimed to investigate the correlation between serum lipid levels and bone density in healthy Korean male adults.

Methods: This study surveyed 851 male adults, who visited an examination center at a university hospital, on smoking, drinking, hypertension, and diabetes history. A laboratory examination measured total cholesterol, triglyceride, low density lipoprotein cholesterol, high density lipoprotein cholesterol, apolipoprotein A-1, and apolipoprotein B. For bone density, lumbar, femoral neck, and femur were measured using dual energy X-ray absorptiometry.

Results: Body mass index (BMI) and bone density T-value showed a positive correlation. Triglyceride exhibited a positive correlation with bone density T-value, and they still revealed a significant positive correlation after correcting for age and BMI. While high density lipoprotein cholesterol showed a negative correlation with bone density, they were not correlated significantly after correcting for age and BMI. There was no correlation found between low density lipoprotein cholesterol and bone density.

Conclusions: This study confirmed that bone densities of all areas measured were significantly increased in Korean male adults as triglyceride increased. Total cholesterol, high density lipoprotein cholesterol, and low density lipoprotein cholesterol did not show a significant correlation with bone density.

Korean J Health Promot 2015;15(3):115-120

Keywords: Bone density, Dyslipidemias, Triglycerides, Male

서론

심혈관 질환과 골다공증은 대표적인 노인성 질환으로 전 세계적인 고령화 추세에 따라 그 유병률이 증가하고 있고 이는 노인의 사망률과 이환율을 증가시키는 직접적인 원인

으로 작용하고 있다.¹⁾ 과거에 이 두 질환은 서로 독립적으로 노화과정에서 따르는 것으로 여겨졌으나²⁾ 이후 두 질환 사이의 관련성을 나타내는 보고들이 많아지면서 연구가 지속되고 있다.

The study of osteoporotic fractures 연구에서 65세 이상 여성을 대상으로 골밀도가 감소할 경우 심혈관 질환으로 인한 사망률이 증가하는 것으로 보고하였고³⁾ National Health & Nutritional Examination Survey (NHANES)-1 역학연구에서도 낮은 골밀도는 심혈관 질환으로 인한 사망률의 독립적인 예측인자인 것으로 보고되었다.⁴⁾

이상지질혈증은 전통적인 심혈관 질환의 위험인자로서,

■ Received : April 29, 2015 ■ Accepted : August 13, 2015

■ Corresponding author : **Hyun-Min Koh, MD**

Department of Family Medicine, Samsung Changwon Hospital,
Sungkyunkwan University School of Medicine, 158 Paryong-ro,
MasanHoewon-gu, Changwon 51353, Korea
Tel: +82-55-290-6554, Fax: +82-55-290-1224
E-mail: sunkhm@naver.com

이상지질혈증의 치료제인 스타틴 계열의 약물이 골밀도를 증가시키고 골절을 예방한다는 보고가 있었으며⁵⁾ 시험관 및 동물실험에서 저밀도지단백 콜레스테롤(low density lipoprotein cholesterol)의 산화물이 조골세포의 분화에 영향을 미쳐 골밀도를 감소시키며,^{6,7)} 이상지질혈증은 파골 세포의 골 흡수를 증가시키고,⁸⁾ 내장비만과 관련한 산화스트레스의 증가 또한 골 흡수를 증가시키고 골 형성을 억제한다는 보고가 있다.⁹⁾

하지만 골밀도와 이상지질혈증의 상관관계에 대한 지속적인 연구에도 불구하고 그 결과는 일치하지 않아 논란이 되고 있다. 에스트로겐이 골밀도를 증가시키고 총 콜레스테롤을 감소시키는 것은 잘 알려져 있다.¹⁰⁾ 따라서 에스트로겐의 골밀도에 대한 영향이 상대적으로 적은 남성을 대상으로 한 연구는 이상지질혈증과 골다공증 사이의 연관성을 규명하는 데 중요한 정보를 제공할 수 있다. 대부분의 골다공증 연구에 있어서 남성을 대상으로 한 연구가 현저히 적으며 서구에서 주로 이루어졌기 때문에 유전적 다양성을 고려할 때 다양한 인종을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 보인다.

따라서, 본 연구는 한국 성인 남성을 대상으로 골밀도와 혈중 지질 농도와의 관련성에 대해 알아보고자 하였다.

방 법

1. 연구 대상

일개 대학병원 검진센터에서, 2011년 1월부터 2012년 10월까지 검진을 시행한 40세에서 79세까지의 남성 중 혈중 지질 검사와 골밀도 검사를 받은 1,460명을 대상으로 하였다. 이 중 골 대사에 영향을 주는 질병(갑상선질환, 뇌하수체 질환, 성선기능저하증, 제2형 당뇨병, 만성 신질환, 만성 간질환, 류마티스성 관절염)을 앓고 있거나, 골대사 및 지질 농도에 영향을 주는 약물(statin, fibrate, omega-3 fatty acid, bisphosphonate, 부신피질 호르몬, 이노제, 칼슘, 항진단제)을 복용하는 자 및 결측값이 있는 자는 제외하여 최종적으로 851명을 대상으로 하였다. 연구방법과 동의서는 본 기관의 연구윤리심의위원회의 심의를 거쳐서 시행하였다.

2. 연구 방법

1) 자료수집, 신체계측

자료수집과 관련하여 매년 1회 표준화 교육을 받은 조원들이 고혈압, 당뇨병, 갑상선, 고지혈증 등의 과거병력, 사회력, 약물력 등에 대하여 일대일 면담을 통하여 구조화된 설문지를 작성하였으며 흡연력 및 음주력에 관한 사항

을 기술하도록 하였다. 흡연자는 흡연량에 관계없이 현재 담배를 피우는 경우 흡연자로 하였고 음주자는 일주일에 한 차례 이상 음주를 하는 경우로 하였다. 신장은 발뒤꿈치와 후두부가 닿은 상태에서 정면을 보게 한 후 0.1 cm 단위까지 측정하였으며 체중은 가벼운 옷만을 걸친 상태에서 0.1 kg 단위까지 자동측정기(GL-150, G-TECH international, Seoul, Korea)로 측정하였다. 혈압은 최소 10분 이상 안정을 취한 뒤 앉은 자세에서 자동측정기(FT-500R PLUS, Jawon medical, Seoul, Korea)로 측정하였고, 수축기 혈압이 140 mmHg 이상이거나 이완기 혈압이 90 mmHg 이상인 경우는 10분간 안정 후 혈압을 수동으로 재측정하였다.

2) 혈액검사 및 골밀도 검사

혈액검사를 위하여 12시간 공복 후 정맥혈을 채혈하여 총 콜레스테롤, 중성지방, 저밀도지단백 콜레스테롤, 고밀도지단백 콜레스테롤, 아포지단백 A-1, 아포지단백 B를 측정하였다. 총 콜레스테롤과 중성지방은 효소비색법을 사용하여었으며, 저밀도지단백 콜레스테롤, 고밀도지단백 콜레스테롤은 동질효소비색법, 아포지단백 A-1, 아포지단백 B는 면역비탁법으로 Roche Modular DP Chemistry Analyzer (Roche Diagnostics, Indianapolis, IN, USA)를 이용하여 측정하였다. 골밀도의 측정은 이중 에너지 X선 흡수 계측법(DXA, Dual energy X-ray absorptiometry, Hologic, Denver, CO, USA)을 이용하여 요추골(lumbar), 대퇴골(total hip) 및 대퇴 목(femur neck)에서 골밀도를 측정하였으며 골밀도 측정이 정밀도 오차는 요추 1.0% 대퇴골 1.2%였다. 요추골 및 대퇴골의 T값은 정상 한국인 젊은이의 골밀도 자료를 바탕으로 계산하였다.

3. 통계 분석

모든 변수는 평균±표준편차로 표시하였다. 요추 골밀도, 대퇴 목 골밀도, 대퇴골 골밀도와 다른 변수와의 상관관계는 피어슨상관분석(Pearson's correlation analysis)을 이용하였으며, 연령, 체질량지수의 보정에는 부분상관분석(partial correlation analysis)을 사용하였다. 통계적 처리는 Windows SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였고, 통계적 유의수준은 P 값이 0.05 미만인 경우를 통계학적 의미가 있는 것으로 판정하였다.

결 과

1. 대상자의 기본 특성

전체 대상 군의 임상적 특징은 Table 1과 같다. 평균 연

령은 47.81 ± 6.13 세이었으며 평균 체질량지수는 23.89 ± 2.66 kg/m^2 이었다. 연구대상의 평균 혈청 총 콜레스테롤은 199.89 ± 33.90 mg/dL , 중성지방 125.87 ± 77.55 mg/dL , 저밀도지단백 콜레스테롤 130.22 ± 31.95 mg/dL , 고밀도지단백 콜레스테롤은 55.88 ± 13.49 mg/dL 이었으며 아포지단백 A-1은 141.80 ± 23.72 mg/dL , 아포지단백 B는 99.81 ± 23.82 mg/dL 이었다.

Table 1. General characteristics of the study subjects^a

Characteristics	Total (n=851)
Age, y	47.81 ± 6.13
BMI, kg/m^2	23.89 ± 2.66
TC, mg/dL	199.89 ± 33.90
HDL-C, mg/dL	55.88 ± 13.49
LDL-C, mg/dL	130.22 ± 31.95
Triglyceride, mg/dL	125.87 ± 77.55
Apo A-1, mg/dL	141.80 ± 23.72
Apo B, mg/dL	99.81 ± 23.82
Lumbar BMD T-score	-0.86 ± 1.10
Femur neck BMD T-score	-0.17 ± 0.99
Total hip BMD T-score	0.19 ± 0.94
Current smoker, %	342 (40.2)
Alcohol consumption, %	824 (96.8)

Abbreviations: BMI, body mass index; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol; BMD, bone mineral density.

^aValues are presented as N (%) or mean \pm SD.

연구대상의 골밀도는 요추, 대퇴 목, 대퇴골 골밀도의 T-score 평균 값이 각각 -0.86 ± 1.10 , -0.17 ± 0.99 , 0.19 ± 0.94 이었다.

2. 골밀도와 지질 농도 간의 상관관계

Table 2에서 이변량 상관분석 결과 체질량지수는 요추, 대퇴 목, 대퇴골 골밀도의 T 값과 유의한 양의 상관관계를 보였다.

중성지방은 요추, 대퇴 목, 대퇴골 골밀도의 T 값과 유의한 양의 상관관계였고 이는 부분상관분석을 통하여 나이와 체질량지수를 보정한 후에도 유의하였다(Table 3). 고밀도지단백 콜레스테롤 및 아포지단백 A-1은 요추, 대퇴 목, 대퇴골 골밀도와 모두 음의 상관관계를 보였다(Table 2). 하지만 나이와 체질량지수를 보정한 이후에는 경향성은 유지되었으나 통계적으로 유의한 상관관계는 없었다(Table 3). 총 콜레스테롤과 저밀도지단백 콜레스테롤은 골밀도와 상관관계가 없었다(Table 2).

고 찰

혈중 지질이 골밀도에 영향을 미치는 기전은 아직 명확

Table 2. Pearson's correlation coefficients between BMD T-score and other characteristics

	Lumbar		Femur neck		Total hip	
	r^a	P^b	r^a	P^b	r^a	P^b
Age, y	-0.101	0.018	-0.172	<0.001	-0.091	0.024
BMI, kg/m^2	0.234	<0.001	0.342	<0.001	0.369	<0.001
TC, mg/dL	-0.023	0.504	-0.012	0.732	0.004	0.910
HDL-C, mg/dL	-0.068	0.047	-0.131	<0.001	-0.127	<0.001
LDL-C, mg/dL	0.010	0.770	0.016	0.633	0.019	0.547
Triglyceride, mg/dL	0.068	0.047	0.077	0.024	0.089	0.009
Apo A-1, mg/dL	-0.067	0.048	-0.104	0.002	-0.083	0.016
Apo B, mg/dL	0.010	0.773	0.037	0.284	0.050	0.142

Abbreviations: BMI, body mass index; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol; BMD, bone mineral density.

^aPearson's correlation coefficients.

^bCalculated by Pearson's correlation analysis.

Table 3. Age and BMI-adjusted partial correlation analysis between BMD T-score and serum lipids

	Lumbar		Femur neck		Total hip	
	r^a	P^b	r^a	P^b	r^a	P^b
TC	-0.058	0.123	-0.071	0.056	-0.055	0.140
HDL-C	-0.079	0.064	-0.068	0.091	-0.059	0.124
LDL-C	0.021	0.571	0.034	0.363	0.027	0.472
Triglyceride	0.088	0.018	0.092	0.014	0.078	0.046
Apo A-1	-0.060	0.087	-0.045	0.225	-0.020	0.584
Apo B	0.058	0.122	0.062	0.097	0.046	0.219

Abbreviations: BMI, body mass index; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol; BMD, bone mineral density.

^aPartial correlation coefficient adjusted for age and BMD.

^bCalculated by partial correlation analysis adjusted for age and BMI.

히 밝혀진 바가 없다. 그러나 과거 수년간 지방조직의 대사와 골대사 간의 강한 연관성이 밝혀졌다. 조골세포와 지방세포는 골수의 기질세포로부터 공통된 전구세포를 공유하며 이들 세포의 분화는 상호관계를 가진다. 실제로 노화로 인한 골 소실은 골수의 지방 세포 축적을 동반한다.^{11,12)} 또, 지방 단백질의 산화물은 조골세포 분화를 방해하고 골의 무기질화를 감소시킨다.¹³⁾ 고지혈증과 골다공증 치료제인 스타틴과 비스포스포네이트 계열의 약제는 공통적인 대사경로를 통하여 콜레스테롤 합성뿐 아니라 뼈 세포의 분화를 조절하고 조골세포의 사멸에 작용하는 것으로 알려져 있다.¹⁴⁾

본 연구는 건강한 한국의 성인 남성 851명을 대상으로 이상지질혈증과 골밀도의 상관관계를 분석한 연구이다. 그 결과 요추, 대퇴 목, 대퇴근위부 골밀도의 T 값은 중성지방과 양의 상관관계를 보였고 이는 나이와 체질량지수를 보정한 이후에도 유의한 양의 상관관계를 보였다. 또한 고밀도지단백 콜레스테롤과 아포지단백 A-1는 골밀도 T 값과의 상관관계를 보였으나 나이와 체질량지수를 보정한 이후에는 유의한 상관관계가 없었다.

한국 남성을 대상으로 이상지질혈증과 골밀도의 상관관계를 본 연구는 많지 않다. Kim 등¹⁵⁾의 연구에서 이상지질혈증이 있는 군이 없는 군에 비해 낮은 골밀도를 나타냈다. 하지만 이상지질혈증의 유무에 따른 각 군의 골밀도를 비교하였기 때문에 상관관계가 제시되지 않아 적용에 한계가 있다. Rhee 등¹⁶⁾은 한국 성인 남성 85명을 대상으로 요추 골밀도와 고밀도지단백 콜레스테롤이 양의 상관관계를 갖고, 총 콜레스테롤 및 중성지방은 상관관계가 없는 것으로 보고하여 본 연구와 상반된 결과를 보였고 Suh¹⁷⁾는 50세 이전 남성 80명에서 총 콜레스테롤 및 저밀도지단백 콜레스테롤, 고밀도지단백 콜레스테롤이 골밀도와 음의 상관관계가 있다고 하였다. 하지만 이러한 결과들은 대상자수가 적어 일반화하기에 무리가 있을 것으로 보인다.

외국의 경우, 대규모 연구로 미국의 The NHANES-III 연구에서 이상지질혈증과 대퇴골 골밀도는 교란변수를 교정한 후에는 상관관계가 없는 것으로 나타났고,¹⁸⁾ 타이완의 5,000명을 대상으로 한 연구에서도 골밀도와 이상지질혈증은 상관관계가 없는 것으로 나타났다.¹⁹⁾ Adami 등²⁰⁾의 연구에서는 골밀도와 저밀도지단백 콜레스테롤은 양의 상관관계를, 고밀도지단백 콜레스테롤은 음의 상관관계를 보였고 Hertfordshire 코호트 연구에서 고밀도지단백 콜레스테롤은 골밀도와 음의 상관관계를 보이고 총 콜레스테롤 및 저밀도지단백 콜레스테롤은 골밀도와 상관관계가 없는 것으로 나타났다.²¹⁾ 스페인의 289명 남성을 대상으로 한 연구에서는 총 콜레스테롤과 저밀도지단백 콜레스테롤은 요추 골밀도와 양의 상관관계를 보였으나 중성지방과 고

밀도지단백 콜레스테롤은 골밀도와 상관관계가 없는 것으로 나타났다.²²⁾

본 연구 결과에서는 중성지방과 골밀도가 양의 상관관계를 보였는데 이는 다른 몇몇의 연구에서도 확인할 수 있었다.^{21,23,24)} 지방세포는 중성지방의 저장소인 동시에 다양한 아디포카인(adipokine)들이 분비되는 내분기 기관으로 인식되고 있다.^{25,26)} 이러한 지방세포에서 분비하는 아디포카인은 골대사에 직접적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다.^{26,27)} Dragojević 등²⁸⁾의 연구에서도 골다공증이 있는 골조직의 지방세포에서 중성지방 대사가 감소되어 있는 것으로 보고하였다. 본 연구에서 확인된 중성지방과 골밀도의 상관관계 역시 체내 지방세포의 증가가 골밀도에 영향을 미친 것으로 분석된다. 하지만 연구자에 따라 중성지방과 골밀도의 상관관계가 일치하지 않는 이유는 중성지방은 한 개인에 있어서도 그 변동 폭이 큰 것으로 알려져 있어 연관성을 입증하는 데에 어려움이 따르기 때문일 것이며 더 명확한 인과관계를 확인하기 위해서는 혈청 지질이 아닌 골수 조직의 지질을 분석하는 연구가 필요할 것이다.

고밀도지단백 콜레스테롤과 골밀도 사이의 상관관계는 아직 명확하지 않으며 연구마다 상반된 결과를 보이고 있다. 비교적 대규모의 세 연구에서 남성에서 고밀도지단백 콜레스테롤과 골밀도 사이에 상관관계는 없는 것으로 나타나 본 연구와 일치하는 결과를 보였다.^{18,22,27)} 하지만 고밀도지단백 콜레스테롤과 골밀도 사이에 음의 상관관계를 보이는 연구도²⁹⁾ 있고 Yamaguchi 등³⁰⁾은 양의 상관관계를 나타낸다고 하였다. 아포지단백 A-1은 고밀도지단백 콜레스테롤의 중요 구성물질이므로 고밀도지단백 콜레스테롤과 그 결과가 유사한 것으로 해석된다. 연구마다 이러한 결과의 차이를 보이는 이유는 인종 및 대상 집단의 특성에 따라 골밀도와 지질농도가 다양한 분포를 보이며 골밀도에 영향을 미치는 개인의 생활습관(운동, 음주, 흡연, 식습관)을 연구에 반영하는 것이 어렵기 때문인 것으로 추정된다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 갖고 있다. 본 연구는 일개 대학병원의 건강검진센터에 내원한 사람을 대상으로 하였기 때문에 대상군이 특정 지역에 한정되고, 특정 직장의 건강 검진 수진자가 많았기 때문에, 전체 인구 집단을 대변하기 어렵다. 또한 단면조사 연구로써 이상지질혈증과 골다공증 사이의 인과관계를 설명하지 못하는 한계가 있다. 그리고 골밀도의 실측값이 아닌 T 값을 통하여 비교하여 골밀도를 간접적으로 평가하였고 흡연, 음주, 운동 등의 골대사에 영향을 줄 수 있는 생활습관 관련요인을 정량화하여 분석하지 못하였으며 연령과 body mass index를 보정하여 골밀도와 혈중 지질농도와의 상관관계를 편상관 분석을 통하여 검증하였다. 따라서 이 논문의 결과를 해석하는 데 제한적인 의미를 가질 수 있다.

결론적으로 우리나라 성인 남성에서 중성지방과 골밀도는 유의한 양의 상관관계를 보였으며 기존의 국내 남성을 대상으로 한 연구에 비해 대규모의 남성을 대상으로 연구하였기에 강점이 있다. 하지만 이상지질혈증과 골다공증의 연관성에 관한 연구들의 결과가 일치하지 않고 명확한 병태생리적 기전이 밝혀지지 않았기에 향후 추가적인 대규모의 전향적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

연구배경: 노인 질환의 증가로 골다공증, 고지혈증 및 심혈관 질환에 대한 관심이 증가되었다. 이런 흐름에 따라 골밀도와 고지혈증의 상관관계에 대한 여러 연구가 시행되어 왔다. 그러나 지금까지 그 연구 결과가 일치하지 않고, 대부분의 연구가 여성에게 편중되어 있었다. 따라서 본 연구에서는 건강한 한국 남성을 대상으로 혈청 지질 농도와 골밀도 간의 상관관계에 대하여 알아보고자 하였다.

방법: 일개 대학병원 검진센터를 방문한 성인 남성 851명을 대상으로 설문지를 통하여 흡연, 음주력, 고혈압, 당뇨병 등의 과거력을 조사하였고, 검사실 검사로 총 콜레스테롤, 중성지방, 저밀도지단백 콜레스테롤, 고밀도지단백 콜레스테롤, 아포지단백 A-1, 아포지단백 B를 측정하였으며, 골밀도는 이중 에너지 X선 흡수 계측법을 이용하여 요추 골밀도와 대퇴골 골밀도, 대퇴골 골밀도를 측정하였다.

결과: 체질량지수와 골밀도 T 값은 양의 상관관계를 보였다. 중성지방은 골밀도 T 값과 양의 상관관계를 보였으며 나이와 체질량지수를 보정한 이후에도 유의한 양의 상관관계를 보였다. 고밀도지단백 콜레스테롤은 골밀도와 음의 상관관계를 보였으나 나이와 체질량지수를 보정한 이후에는 유의한 상관관계가 없었다. 저밀도지단백 콜레스테롤은 골밀도와 상관관계가 없었다.

결론: 한국인 성인 남성에서 중성지방이 높을수록 모든 부위의 골밀도가 유의하게 증가하였음을 확인할 수 있었다. 총 콜레스테롤과 고밀도지단백 콜레스테롤 및 저밀도지단백 콜레스테롤은 골밀도와 유의한 상관관계가 없었다.

중심 단어: 골밀도, 이상지질혈증, 중성지방, 남성

REFERENCES

- Hyder JA, Allison MA, Criqui MH, Wright CM. Association between systemic calcified atherosclerosis and bone density. *Calcif Tissue Int* 2007;80(5):301-6.
- Frye MA, Melton LJ 3rd, Bryant SC, Fitzpatrick LA, Wahner HW, Schwartz RS, et al. Osteoporosis and calcification of the aorta. *Bone Miner* 1992;19(2):185-94.
- Kado DM, Browner WS, Blackwell T, Gore R, Cummings SR. Rate of bone loss is associated with mortality in older women: a prospective study. *J Bone Miner Res* 2000;15(10):1974-80.
- Mussolino ME, Madans JH, Gillum RF. Bone mineral density and mortality in women and men: the NHANES I epidemiologic follow-up study. *Ann Epidemiol* 2003;13(10):692-7.
- Wang PS, Solomon DH, Mogun H, Avorn J. HMG-CoA reductase inhibitors and the risk of hip fractures in elderly patients. *JAMA* 2000;283(24):3211-6.
- Parhami F. Possible role of oxidized lipids in osteoporosis: could hyperlipidemia be a risk factor? *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 2003;68(6):373-8.
- Parhami F, Garfinkel A, Demer LL. Role of lipids in osteoporosis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2000;20(11):2346-8.
- Tankó LB, Bagger YZ, Nielsen SB, Christiansen C. Does serum cholesterol contribute to vertebral bone loss in postmenopausal women? *Bone* 2003;32(1):8-14.
- Colles SM, Maxson JM, Carlson SG, Chisolm GM. Oxidized LDL-induced injury and apoptosis in atherosclerosis. Potential roles for oxysterols. *Trends Cardiovasc Med* 2001;11(3-4):131-8.
- Johnston CC Jr, Hui SL, Witt RM, Appledorn R, Baker RS, Longcope C. Early menopausal changes in bone mass and sex steroids. *J Clin Endocrinol Metab* 1985;61(5):905-11.
- Rosen CJ, Klibanski A. Bone, fat, and body composition: evolving concepts in the pathogenesis of osteoporosis. *Am J Med* 2009;122(5):409-14.
- Parhami F, Mody N, Gharavi N, Ballard AJ, Tintut Y, Demer LL. Role of the cholesterol biosynthetic pathway in osteoblastic differentiation of marrow stromal cells. *J Bone Miner Res* 2002;17(11):1997-2003.
- Parhami F, Morrow AD, Balucan J, Leitinger N, Watson AD, Tintut Y, et al. Lipid oxidation products have opposite effects on calcifying vascular cell and bone cell differentiation. A possible explanation for the paradox of arterial calcification in osteoporotic patients. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1997;17(4):680-7.
- Buhaescu I, Izzedine H. Mevalonate pathway: a review of clinical and therapeutical implications. *Clin Biochem* 2007;40(9-10):575-84.
- Kim YH, Nam GE, Cho KH, Choi YS, Kim SM, Han BD, et al. Low bone mineral density is associated with dyslipidemia in South Korean men: the 2008-2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *Endocr J* 2013;60(10):1179-89.
- Rhee EJ, Kim SY, Jung CH, Lhee HY, Lee WY, Kim SW. The correlation between lumbar spine bone mineral density and serum lipid profiles in apparently healthy Korean males. *J Korean Soc Osteoporosis* 2004;2(2):105-11.
- Suh YS. Relationship between bone mineral density and blood lipid in young and middle-aged men and pre-menopausal women. *Korean J Health Promot* 2007;7(4):238-44.
- Solomon DH, Avorn J, Canning CF, Wang PS. Lipid levels and bone mineral density. *Am J Med* 2005;118(12):1414.
- Wu LY, Yang TC, Kuo SW, Hsiao CF, Hung YJ, Hsieh CH, et al. Correlation between bone mineral density and plasma lipids in Taiwan. *Endocr Res* 2003;29(3):317-25.
- Adami S, Braga V, Zamboni M, Gatti D, Rossini M, Bakri J, et al. Relationship between lipids and bone mass in 2 cohorts of healthy women and men. *Calcif Tissue Int* 2004;74(2):136-42.
- Dennison EM, Syddall HE, Aihie Sayer A, Martin HJ, Cooper C; Hertfordshire Cohort Study Group. Lipid profile, obesity and bone mineral density: the Hertfordshire Cohort Study.

- QJM 2007;100(5):297-303.
22. Hernández JL, Olmos JM, Ramos C, Martínez J, de Juan J, Valero C, et al. Serum lipids and bone metabolism in Spanish men: the Camargo cohort study. *Endocr J* 2010;57(1):51-60.
23. Adami S, Braga V, Gatti D. Association between bone mineral density and serum lipids in men. *JAMA* 2001;286(7):791-2.
24. Cui LH, Shin MH, Chung EK, Lee YH, Kweon SS, Park KS, et al. Association between bone mineral densities and serum lipid profiles of pre- and post-menopausal rural women in South Korea. *Osteoporos Int* 2005;16(12):1975-81.
25. Zhao LJ, Liu YJ, Liu PY, Hamilton J, Recker RR, Deng HW. Relationship of obesity with osteoporosis. *J Clin Endocrinol Metab* 2007;92(5):1640-6.
26. Lenchik L, Register TC, Hsu FC, Lohman K, Nicklas BJ, Freedman BI, et al. Adiponectin as a novel determinant of bone mineral density and visceral fat. *Bone* 2003;33(4):646-51.
27. Maurin AC, Chavassieux PM, Frappart L, Delmas PD, Serre CM, Meunier PJ. Influence of mature adipocytes on osteoblast proliferation in human primary cocultures. *Bone* 2000;26(5):485-9.
28. Dragojevič J, Zupan J, Haring G, Herman S, Komadina R, Marc J. Triglyceride metabolism in bone tissue is associated with osteoblast and osteoclast differentiation: a gene expression study. *J Bone Miner Metab* 2013;31(5):512-9.
29. D'Amelio P, Pescarmona GP, Gariboldi A, Isaia GC. High density lipoproteins (HDL) in women with postmenopausal osteoporosis: a preliminary study. *Menopause* 2001;8(6):429-32.
30. Yamaguchi T, Sugimoto T, Yano S, Yamauchi M, Sowa H, Chen Q, et al. Plasma lipids and osteoporosis in postmenopausal women. *Endocr J* 2002;49(2):211-7.