

ارتباط بین سطح سرمی LDL با لیگاند فعال کننده گیرنده فاکتور هسته‌ای κ B در زنان در دوران قبل و بعد از یائسگی

آرش حسین‌نژاد^۱، حوریه ثقفی^۱، مظاهر رحمانی^۱، بهنود برادران نویری^۱، باقر لاریجانی^{۱*}

چکیده

مقدمه: پوکی استخوان و شکستگی‌های ناشی از آن به همراه بیماری‌های قلبی عروقی، هر دو از جمله بیماری‌های قابل پیشگیری هستند که سالیانه هزینه زیادی را بر نظام سلامت کشور تحمیل می‌کنند. هدف از انجام این مطالعه، پیدا کردن رابطه احتمالی بین سطح خونی انواع لیپیدهای خون و واگردش استخوانی در زنان پیش و پس از یائسگی بود.

روش‌ها: ۲۷۹ نفر از زنانی که برای بررسی وضعیت استخوانی به مرکز سنجش تراکم استخوان ارجاع داده شده بودند، از لحاظ سطح سرمی پروفایل لیپیدها، استئوپروتگرین^۱ و لیگاند گیرنده فعال کننده فاکتور هسته‌ای κ B (RANKL) (NF - KB) ارزیابی شدند.

یافته‌ها: ارتباط معکوس معنی داری میان کلسترول تام سرم و تراکم استخوانی مهره‌های L2 - L4 ($r = -0/152$ و $P = 0/02$) و همچنین T - score مهره‌های L2 - L4 ($r = -0/151$ و $P = 0/02$) وجود داشت. LDL-C نیز به طور معکوس با تراکم استخوانی مهره‌های L2 - L4 در T - score ($r = -0/184$ و $P = 0/007$) و Z-Score مهره‌های L2 - L4 ($r = -0/134$ و $P = 0/04$) رابطه داشت. اما هیچ رابطه‌ای میان تری‌گلیسرید و HDL - C با پارامترهای تراکم استخوان مهره‌های کمری یافت نشد. اگر چه ۳۵/۵٪ از زنانی که $LDL > 130$ mg/dL داشتند از نظر سطح سرمی RANKL بالای صدک ۷۵ بودند، اما این میزان در بین زنان با $LDL < 130$ mg/dL تنها ۱۸/۷٪ بود (Odds Ratio = ۲/۳۹) و $P = 0/01$ (۹۵٪ CI: ۱/۲۴ - ۴/۶). استئوپروتگرین رابطه‌ای با LDL - C نداشت. در آنالیز یک متغیره، LDL مستقل از سن رابطه معنی داری با RANKL داشت ($P = 0/02$).

نتیجه‌گیری: از آنجایی که RANKL یک نشانگر استخوانی است که تخریب استخوان را نشان می‌دهد، یافته مطالعه ما می‌تواند بیانگر اثر مخرب احتمالی LDL - C بر متابولیسم استخوان باشد.

واژگان کلیدی: LDL - C، استئوپروز، استئوپروتگرین، RANKL

1- Osteoprotegrin

۱- مرکز تحقیقات غدد درون ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی تهران

***نشانی:** تهران خیابان کارگر شمالی، بیمارستان دکتر شریعتی، طبقه پنجم، مرکز تحقیقات غدد، کد پستی ۱۴۱۱۴، تلفن: ۸۸۲۲۰۰۳۷.

نمابر: ۸۸۲۲۰۰۵۲، پست الکترونیک: emrc@tums.ac.ir

مقدمه

شکستگی‌های ناشی از استئوپروز و بیماری‌های قلبی عروقی، همچنان در صدر عوامل بیماری‌زا و مرگ و میر در افراد سالمند قرار دارند. شواهد روز افزون بیولوژیک و اپیدمیولوژیک گویای ارتباطی احتمالی بین این دو بیماری هستند [۲ و ۱]. در مطالعات مقطعی و طولی اپیدمیولوژیک، سطح پایین توده استخوانی با افزایش مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی عروقی [۵ - ۳]، ناتوانی‌های ناشی از آنها [۷ و ۶] و همچنین شدت آترواسکلروز ساب‌کلینیکال [۹ و ۸] رابطه داشته است.

سازوکارهای مشترکی برای ارتباط احتمالی سطح پایین تراکم استخوان و آترواسکلروز بیان شده‌اند. در هر دو بیماری، عوامل ایمنولوژیک و التهابی نقش مهمی در پاتوفیزیولوژی آنها ایفا می‌کنند. استئوپروتگین (OPG) به‌عنوان یک "گیرنده طعمه"^۱ برای لیگاند فعال کننده گیرنده فاکتور هسته‌ای^۲ (NF - KB) (RANKL) عمل می‌کند. OPG و RANKL، از مهم‌ترین تنظیم کننده‌های استئوکلاستوز هستند و با اتصال OPG به RANKL، RANKL دیگر نمی‌تواند به فعال کننده گیرنده‌ی فاکتور هسته‌ای (RANK) KB^۳ حاضر بر روی استئوکلاست بچسبد [۱۱ و ۱۰]. اخیراً نشان داده شده که OPG نه تنها به‌عنوان یک مهارگر تولید استئوکلاست، بلکه به‌عنوان یک واسطه باز دارنده بیماری‌های قلبی عروقی، کلسیفیکاسیون شریانی و آتروژنز عمل می‌کند. در یک مطالعه نشان داده شده است که OPG به مقدار بسیار زیاد در استخوان‌ها، قلب و شریان‌های بزرگ بیان می‌شود [۱۲]. RANK و OPG و سیتوکین‌های التهابی همچنین در شریان‌های آترواسکلروتیک یافت می‌شوند [۱۳].

عامل دیگری که هم بر روی سلول‌های عروقی و هم سلول‌های استخوانی اثر منفی دارد، لیپیدهای سرمی است [۱۴ و ۱۵]. علاوه بر نقش تثبیت شده لیپیدها در ایجاد آتروم، نشان داده شده که لیپیدها در شرایط آزمایشگاهی بر روی استئوبلاست‌ها [۱۸ - ۱۶] و

استئوکلاست‌ها [۱۹] نیز اثر می‌گذارند. محصولات اکسیداسیون لیپوپروتئین و رژیم غذایی آتروژن، می‌تواند تمایز سلول‌های پیش استئوبلاست^۴ را مهار کند [۲۰] و باعث کاهش میزالیسیون استخوان شود. این بررسی‌ها بیانگر یک ارتباط بین سطح سرمی انواع لیپیدها و متابولیسم استخوانی است. هدف از انجام این مطالعه یافتن ارتباط بین سطح سرمی انواع لیپیدهای خون با واگردش استخوانی در زنان قبل و بعد از دوران یائسگی است.

روش‌ها

زنانی که جهت بررسی به واحد سنجش تراکم استخوان مرکز تحقیقات غدد درون‌ریز و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی تهران ارجاع داده شده بودند، برای ورود به مطالعه در نظر گرفته شدند. رخ ندادن قاعدگی به مدت حداقل ۱۲ ماه به‌عنوان یائسگی در نظر گرفته شد. زنانی که مبتلا به اختلالات تیروئید، بیماری‌های مزمن کبدی و کلیوی بودند، از مطالعه حذف شدند. همچنین بیمارانی که داروهایی با پتانسیل تغییر متابولیسم استخوانی مصرف می‌کردند نیز وارد مطالعه نشدند. پروتکل مطالعه توسط کمیته اخلاق مرکز تحقیقات غدد درون‌ریز و متابولیسم تأیید شد و رضایت‌نامه آگاهانه از همه شرکت کنندگان گرفته شد.

قد، وزن و فشار خون سیستمی و دیاستولی اندازه‌گیری شد. نمونه خون وریدی پس از ۱۲ ساعت ناشتایی گرفته شد. کلسترول تام (TC)، لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL) و لیپوپروتئین با چگالی زیاد (HDL) با روش آنزیماتیک اندازه‌گیری شد. استئوپروتگین (OPG) با روش ELISA و کیت انجام شد (با ضریب تغییرات درون گروهی و بین گروهی ۶/۶٪ و ۷/۵٪). سطح سرمی RANKL با روش ELISA به‌وسیله کیت Biomedica با روش ELISA اندازه‌گیری شد (با ضریب تغییرات درون گروهی و بین گروهی ۴/۱٪ و ۵/۱٪). تراکم استخوان (BMD) با روش DXA با استفاده از دستگاه Lunar DPX-MD (Lunar Corporation, Madison, USA) انجام شد. دستگاه

1- Decoy receptor

2 - Rceptor activator of nuclear factor KB ligand

3- Rceptor activator of nuclear factor KB

یافت نشد. لیپیدهای اندازه‌گیری شده با مقادیر BMD لگن رابطه معنی‌داری نشان ندادند. مقادیر سرمی OPG به‌طور مثبت با سن رابطه داشت ($r = 0/225$ و $P = 0/001$). مقادیر سرمی OPG همچنین با میزان BMD لگن رابطه منفی داشت ($r = -0/160$ و $P = 0/02$). که این رابطه با T-score لگن هم وجود داشت ($r = -0/158$ و $P = 0/02$). ارتباط معناداری میان سطح سرمی OPG و BMD مهره‌های کمری یافت نشد. سطح TG و HDL - C رابطه‌ای با میزان OPG نشان ندادند. سطح سرمی RANKL نیز با مقادیر BMD نه در مهره‌های کمری و نه در لگن، رابطه معناداری نشان نداد. در حالی که ۳۵/۵٪ از زنان با $LDL > 130$ mg/dL دارای سطح سرمی RANKL بالاتر از صدک ۷۵ افراد مورد مطالعه بودند، این میزان در زنان با $LDL < 130$ mg/dL تنها ۱۸/۷٪ بود ($4/6 - 1/24$: CI 95% و $Odds = 2/39$ و $P = 0/01$). چنین رابطه‌ای بین OPG و LDL یافت نشد. در آنالیز یک متغیره، LDL ارتباط معنادار مستقل از سن با RANKL داشت ($P = 0/02$).

هر روز و هر هفته با روش‌های مناسب کالیبره شد. در مهره‌های دوم تا چهارم کمری و همچنین استخوان فمور (گردن، تروکانتر و کل فمور)، تراکم استخوان با مقیاس g/cm^2 محاسبه شد.

یافته‌ها

در مجموع ۲۷۹ نفر وارد مطالعه شدند. اطلاعات دموگرافیک و یافته‌های آزمایشگاهی آنها در جدول ۱ ارائه شده‌اند. نمونه‌ها شامل ۱۷۷ زن یائسه (میانگین سنی 7 ± 58) و ۱۰۲ زن پیش یائسه (میانگین سنی 7 ± 48) بودند. کلسترول تام سرم به‌طور معکوس و معنادار با BMD مهره‌های L2 تا L4 ($r = -0/152$ ، $P = 0/02$) و T-score مهره‌های L2-L4 ($r = 0/151$ ، $P = 0/02$) رابطه داشت. LDL نیز با BMD ($r = 0/184$ و $P = 0/007$) و T-score ($r = 0/134$ ، $P = 0/007$) و Z score ($r = 0/184$ ، $P = 0/007$) رابطه منفی داشت. با این وجود هیچ ارتباطی بین HDL و TG با مقادیر BMD مهره‌های کمری

جدول ۱- ویژگی‌های دموگرافیک و بیوشیمیایی افراد شرکت‌کننده در مطالعه

متغیرها	میانگین	انحراف معیار
سن (سال)	۵۵/۳۴	۸/۷۰
قد (cm)	۱۵۷/۶۰	۵/۹۵
وزن (kg)	۶۹/۰۹	۱۳/۶۹
نمایه توده بدن (kg/m^2)	۲۷/۷۳	۵/۰۰
تراکم استخوان ران (g/cm^2)	۰/۹۱	۰/۱۴
T score استخوان ران	-۰/۷۱	۱/۲۲
Z score استخوان ران	-۰/۱۶	۱/۰۱
تراکم استخوان ستون فقرات L2_L4 (g/cm^2)	۱/۰۳	۰/۱۸
T score استخوان ستون فقرات L2_L4	-۱/۳۷	۱/۵۲
Z score استخوان ستون فقرات L2_L4	-۰/۵۷	۱/۲۸
تری گلیسرید (mg/dl)	۱۶۲/۶۸	۸۵/۱۲
کلسترول تام (mg/dl)	۲۲۲/۷۱	۴۲/۲۸
HDL (mg/dl)	۵۰/۱۶	۱۲/۶۹
LDL (mg/dl)	۱۲۳/۲۱	۲۷/۱۹
استئوپروتئین ($pmol/l$)	۵/۸۷	۱/۹۹
RANKL ($pmol/l$)	۰/۰۹	۰/۱۶

جدول ۲- مقایسه یافته های آزمایشگاهی در ۳ گروه در وضعیت های مختلف تراکم استخوان

وضعیت تراکم استخوان			متغیرها
استئوپروز	استئوپنی	سالم	
۲۳۰±۳۵	۲۲۷±۴۶	۲۱۱±۳۹	کلیسترول تام (mg/dl) †
۱۳۰±۲۴	۱۲۵±۲۷	۱۱۵±۲۷	LDL (mg/dl) †
۵۰±۱۲	۵۰±۱۳	۴۹±۱۱	HDL (mg/dl) ††
۱۷۰±۸۸	۱۶۶±۸۶	۱۵۳±۸۳	تری گلیسرید (mg/dl) ††
۶۰۶±۲۰۷	۶۰۵±۲۱۹	۵/۴۷±۱/۷۰	استئوپروتگرین (pmol/l) ††
۰/۱۰±۰/۱۳	۰/۱۰±۰/۲۰	۰/۰۷±۰/۱۳	RANKL (pmol/l) ††

† مقادیر P معنی دار بود ($P < 0.05$)
 †† مقادیر P معنی دار نبود ($P > 0.05$)
 * مقادیر ± نشانگر میانگین ± انحراف معیار است.

Test: Analysis of variance

Cui و همکاران با یافته های مطالعه ما، که رابطه ای بین HDL - C و BMD بدست نیامد، همخوانی دارد. با این که ارتباط و وابستگی بین سطح خونی لیپیدها و BMD در پاره ای از مطالعات نشان داده شده، ولی یک ارتباط قطعی هنوز در آن یافت نشده است. BMD با افزایش سن کاهش می یابد ولی با BMI یک رابطه مثبت دارد. از آنجایی که هر دو عامل سن و BMI رابطه نزدیکی با سطح خونی لیپیدها دارند، مطابقت سن و BMI بین گروه های مورد مقایسه باید در نظر گرفته شود.

یافته های ما نشان داد که سطح T و LDL-C در بین گروه های با وضعیت استخوانی مختلف متفاوت بود و در بیماران استئوپنی نسبت به افراد عادی و در بیماران استئوپروز نسبت به بیماران استئوپنیک به طور معناداری بالاتر بود. این یافته حتی بعد از تطبیق دادن سن و BMD همچنان باقی ماند. این سیر صعودی میانگین لیپیدها با افزایش شدت پوکی استخوان با یافته های دیگر ما مبنی بر ارتباط منفی بین TC و LDL با BMD توافق دارد.

با وجود مطالعات بسیار انجام شده برای روشن شدن رابطه بین سطح خونی انواع لیپیدها و BMD، همچنان پاتوفیزیولوژی و سازوکارهای مولکولی ارتباط آنها به خوبی یافت نشده اند. مطالعات اخیر تأکید زیادی بر نقش OPG و RANKL در متابولیسم استخوان داشته اند. OPG گلیکوپروتئین محلولی است که به ابرخانواده فاکتور

بحث

یافته های مطالعه ما نشان داد که سطح کلیسترول تام خون (TC) و کلیسترول لیپوپروتئین کم چگال (LDL - C) به طور معکوس با تراکم استخوان در هر دو گروه زنان قبل و بعد از یائسگی در ارتباط بود. یافته مطالعه ما هم راستا با مطالعه Cui و همکاران است که زنان قبل و بعد یائسگی را در کره جنوبی بررسی کردند [۲۱]. با این وجود Zabaglia و همکاران هیچ رابطه ای بین TC و LDL - C با BMD در زنان یائسه نیافتند [۲۲].

شماری از مطالعات ارتباط مثبتی بین BMD و TG بیان کرده اند. Cui و همکاران گزارش داده اند که میزان TG ارتباط معنادار مثبتی با مقادیر BMD در ترکواتر زنان بعد از یائسگی داشته است [۲۱]. Adami و همکاران نیز بیان داشتند که BMD کل بدن و لگن به طور مثبت با سطح سرمی TG رابطه دارد [۲۳]. با این وجود Zaglabia و همکاران هیچ وابستگی بین TG و BMD نیافتند [۲۲]. ما نیز رابطه ای بین TG و BMD پیدا نکردیم.

مقالات ارائه شده درباره رابطه HDL - C و BMD بحث برانگیز هستند [۲۸ - ۲۴]. بعضی گزارش ها حاکی از یک رابطه منفی بین BMD و HDL - C هستند [۲۴]. Zabaglia هیچ وابستگی بین سطح خونی انواع لیپیدها و BMD پیدا نکرد، مگر برای HDL - C که یک رابطه منفی در زنان یائسه وجود داشت [۲۲]. با این وجود، یافته های

یافته‌های ما لازم است مطالعات بیشتری برای بررسی رابطه دقیق بین نشانگرهای استخوانی در سرم و استخوان بر روی بافت‌های هدف انجام شود. در کل براساس نتایج این مطالعه می‌توان گفت که احتمالاً LDL اثرات مضر بر روی متابولیسم استخوان دارد. با توجه به نقش بسیار مهم LDL - C در ایجاد آتروم در عروق، به نظر می‌رسد مسیرهای پاتوژنز مشترکی در ایجاد آترواسکلروز و استئوپروز ایفای نقش می‌کنند. مطالعه در جهت روشن ساختن این مسیرها می‌تواند راهگشای استفاده از اقدامات مشترک برای پیشگیری و درمان هر دو بیماری باشد.

سپاسگزاری

این مطالعه تحت حمایت مالی مرکز تحقیقات غدد درون ریز و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شده است. نویسندگان این مقاله کمال تشکر را از پرسنل محترم واحد سنجش تراکم استخوان مرکز تحقیقات غدد دارند.

نکروز تومور^۱ (TNF) تعلق دارد [۳۰ و ۲۹ و ۱۲]. OPG به عنوان یک گیرنده طعمه RANKL، از طریق مهار اتصال آن به گیرنده‌ی فعال کننده RANK)NF - KB)، فرآیند استئوکلاستوژنز را مهار می‌کند [۱۱ و ۱۰]. ما یک رابطه‌ی معنادار مثبت بین OPG و سن پیدا کردیم که گزارش‌های مشابهی درباره این ارتباط وجود دارند [۳۳ - ۳۱]. این افزایش سطح OPG با افزایش سن می‌تواند به عنوان یک سازوکار جبرانی برای مقابله با تخریب استخوانی تفسیر شود [۳۱]. البته به مطالعات بیشتری برای تعیین ارتباط قطعی OPG با سن نیاز است.

ما هیچ ارتباطی بین OPG و سطح خونی انواع لیپید پیدا نکردیم. با این وجود Oh و همکاران که زنان سالم کره‌ای را مطالعه کرده بودند، گزارش کرده‌اند که OPG در زنانی با TC و LDL - C بالا در سطح بالاتری قرار دارد و TG و HDL - C چنین رابطه‌ای با OPG ندارند. همچنین آنها با آنالیز همبستگی دو متغیره^۲، وابستگی مثبت OPG با مقادیر TC و LDL - C را نشان دادند [۳۴].

مطالعه ما نشان داد که LDL رابطه معنادار و مستقل از سنی با RANKL دارد. در بررسی متون انجام شده، مطلبی درباره رابطه RANKL و سطح خونی انواع لیپید پیدا نکردیم. البته شواهدی حاکی از اثرات سوء هیپرلیپیدمی و LDL اکسیده شده^۳ بر متابولیسم استخوان وجود دارد [۱۸ و ۳۵]. چون RANKL یک نشانگر استخوانی است که بیانگر تخریب می‌باشد، یافته ما می‌تواند تأییدی بر اثرات منفی LDL بر متابولیسم استخوان باشد.

محدودیت‌هایی نیز در مطالعه ما وجود داشت. به سبب طبیعت مقطعی^۴ بودن مطالعه، ما قادر به نشان دادن ارتباط سطح خونی انواع لیپید با حداکثر توده استخوانی یا از دست دادن توده استخوانی با افزایش سن نیستیم. برای نیل به این هدف و درک اثرات دقیق لیپیدها بر متابولیسم استخوان به مطالعات هم گروهی^۵ نیاز است. به علاوه چگونگی ارتباط سطح سرمی و بافتی نشانگرهای استخوانی، همچنان مبهم است. بنابراین برای اثبات

1 - Tumor Necrosis Factor

2 - Bivariate correlation analysis

3 - Minimally oxidized LDL

4 - Cross - sectional

5 - Cohort

ماخذ

- 1- Kiel DP, Kauppila LI, Cupples LA, Hannan MT, O'Donnell CJ and Wilson PW. Bone loss and the progression of abdominal aortic calcification over a 25-year period: the Framingham Heart Study. *Calcif Tissue Int* 2001;68:271-276.
- 2- Dhore CR, Cleutjens JP, Lutgens E, Cleutjens KB, Geusens PP, Kitslaar PJ, et al. Differential expression of bone matrix regulatory proteins in human atherosclerotic plaques. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2001; 21:1998-2003.
- 3- Browner WS, Seeley DG, Vogt TM, Cummings SR. Nontrauma mortality in elderly women with low bone mineral density. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Lancet* 1991; 338:355-358.
- 4- 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; 13:692-697.
- 5- Trivedi DP, Khaw KT. Bone mineral density at the hip predicts mortality in elderly men. *Osteoporos Int* 2001; 12:259-265.
- 6- Farhat GN, Strotmeyer ES, Newman AB, Sutton-Tyrrell K, Bauer DC, Harris TB, et al. Volumetric and areal bone mineral density measures are associated with cardiovascular disease in older men and women: the health, aging, and body composition study. *Calcif Tissue Int* 2006; 79:102-111.
- 7- Tanko L, Christiansen C, Cox DA, Geiger MJ, McNabb MA, Cummings SR. Relationship between osteoporosis and cardiovascular disease in postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 2005; 20:1912-20.
- 8- Tanko LB, Bagger YZ, Christiansen C. Low bone mineral density in the hip as a marker of advanced atherosclerosis in elderly women. *Calcif Tissue Int* 2003; 73:15-20.
- 9- Barengolts EI, Berman M, Kukreja SC, Kouznetsova T, Lin C, Chomka EV. Osteoporosis and coronary atherosclerosis in asymptomatic postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 1998; 62:209-213.
- 10- Schoppet M, Preissner KT, Hofbauer LC. RANK ligand and osteoprotegerin: paracrine regulators of bone metabolism and vascular function. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2002; 22:549-553.
- 11- Khosla S. Minireview: the OPG/RANKL/RANK system. *Endocrinology* 2001;142:5050-5.
- 12- Simonet WS, Lacey DL, Dunstan CR, Kelley M, Chang MS, Lüthy R. Osteoprotegerin: a novel secreted protein involved in the regulation of bone density. *Cell* 1997; 89:309-19.
- 13- McFarlane SI, Muniyappa R, Shin JJ, Bahtiyar G, Sowers JR. Osteoporosis and cardiovascular disease: brittle bones and banded arteries, is there a link? *Endocrine* 2004; 23: 1-10.
- 14- Mody N, Tintut Y, Radcliff K, Demer LL. Vascular calcification and its relation to bone calcification: possible underlying mechanisms. *J Nucl Cardiol* 2003; 10(2):177-183.
- 15- Baldini V, Mastropasqua M, Francucci CM, D'Erasmus E. Cardiovascular disease and osteoporosis. *J Endocrinol Invest* 2005; 28 (Suppl 10):69-72.
- 16- Parhami F, Basseri B, Hwang J, Tintut Y, Demer LL. High density lipoprotein regulates calcification of vascular cells. *Circ Res* 2002; 91(7):570-576.
- 17- Parhami F, Garfinkel A, Demer LL. Role of lipids in osteoporosis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2000; 20(11):2346-48.
- 18- Parhami F, Morrow AD, Balucan J, Leitinger N, Watson AD, Tintut Y, Berliner JA, Demer LL. 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):680-687.
- 19- Tintut Y, Morony S, Demer LL. Hyperlipidemia promotes osteoclastic potential of bone marrow cells ex vivo. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2004; 24(2): e6-10.
- 20- Diascro Jr DD, Vogel RL, Johnson TE, Witherup KM, Pitzenberger SM, Rutledge SJ, et al. High fatty acid content in rabbit serum is responsible for the differentiation of osteoblasts into adipocyte-like cells. *J Bone Miner Res* 1998; 13:96-106.
- 21- Cui LH, Shin MH, Chung EK, Lee YH, Kweon SS, Park KS, Choi JS. Association between bone mineral densities and serum lipid profiles of pre- and post-menopausal rural women in South Korea. *Osteoporosis Int* 2005; 16:1975-81.
- 22- Zabaglia SF, Pedro AO, Pinto Neto AM, Guarisi T, Paiva LH, Lane E. An exploratory study of the association between lipid profile and bone mineral density in menopausal women in a Campinas reference hospital. *Cad Saude Pub* 1998; 14:779-786.
- 23- Adami S, Braga V, Zamboni M, Gatti D, Rossini M, Bakri J, Battaglia E. Relationship Between Lipids and Bone Mass in 2 Cohorts of Healthy Women and Men. *Calcif Tissue Int* 2004; 74(2):136-42.
- 24- D'Amelio P, Pescarmona GP, Gariboldi A, Isaia GC. High density lipoproteins (HDL) in women with postmenopausal osteoporosis: a preliminary study. *Menopause* 2001; 8:429-32.
- 25- Yamaguchi T, Sugimoto T, Yano S, Yamauchi M, Sowa H, Chen Q, Chihara K. Plasma lipids and osteoporosis in postmenopausal women. *Endocr J* 2002; 49:211-17.
- 26- Poli A, Bruschi F, Cesana B, Rossi M, Paoletti R, Crosignani PG. Plasma low-density lipoprotein cholesterol and bone mass

- densitometry in postmenopausal women. *Obstet Gynecol* 2003; 102:922-6.
- 27- Brownbill RA, Ilich JZ. Lipid profile and bone paradox: higher serum lipids are associated with higher bone mineral density in postmenopausal women. *J Womens Health* 2006; 15:261-70.
- 28- Solomon DH, Avorn J, Canning CF, Wang PS. Lipid levels and bone mineral density. *Am J Med* 2005; 118:1414.e1-1414.e5.
- 29- Tsuda E, Goto M, Mochizuki S, Yano K, Kobayashi F, Morinaga T, et al. Isolation of a novel cytokine from human fibroblasts that specifically inhibits osteoclastogenesis. *Biochem Biophys Res Commun* 1997; 234:137-42.
- 30- Kwon BS, Wang S, Udagawa N, Haridas V, Lee ZH, Kim KK, et al. TR1, a new member of the tumor necrosis factor receptor superfamily, induces fibroblast proliferation and inhibits osteoclastogenesis and bone resorption. *FASEB J* 1998; 12:845-54.
- 31- Yano K, Tsuda E, Washida N, Kobayashi F, Goto M, Harada A, et al. Immunological characterization of circulating osteoprotegerin/osteoclastogenesis inhibitory factor: increased serum concentrations in postmenopausal women with osteoporosis. *J Bone Miner Res* 1999; 14:518-527.
- 32- Khosla S, Arrighi HM, Melton LJ 3rd, Atkinson EJ, O'Fallon WM, Dunstan C, et al. Correlates of osteoprotegerin levels in women and men. *Osteoporos Int* 2002; 13:394-9.
- 33- Szulc P, Hofbauer LC, Heufelder AE, Roth S, Delmas PD. Osteoprotegerin serum levels in men: correlation with age, estrogen, and testosterone status. *J Clin Endocrinol Metab* 2001; 86:3162-5.
- 34- Oh ES, Rhee EJ, Oh KW, Lee WY, Baek KH, Yoon KH, Kang MI, Yun EJ, Park CY, Choi MG, Yoo HJ, Park SW. Circulating osteoprotegerin levels are associated with age, waist-to-hip ratio, serum total cholesterol, and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy Korean women. *Metabolism* 2005; 54(1):49-54.
- 35- Parhami F, Jackson SM, Tintut Y, Le V, Balucan JP, Territo M, Demer LL. Atherogenic diet and minimally oxidized low density lipoprotein inhibit osteogenic and promote adipogenic differentiation of marrow stromal cells. *J Bone Miner Res* 1999; 14:2067-78.

