

## بررسی ارتباط بین اندازه ذرات LDL با بار الکتریکی سطح آن‌ها در بیماران شریان کرونری

هدی طاوس نژاد<sup>۱</sup>، غلام بساطی<sup>۲</sup>، فاطمه کشاورزی<sup>۳\*</sup>

(۱) گروه زیست شناسی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

(۲) گروه بیوشیمی بالینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۴

## چکیده

**مقدمه:** بر اساس مطالعات تغییر در محتوای ذرات LDL بر روی شارژ سطحی و خصوصیات ساختمانی آن‌ها (مثل قطر آن‌ها) تاثیر داشته و این تغییر موجب تغییر شکل و تغییر در متابولیسم آن‌ها می‌گردد. در این تحقیق ارتباط بین اندازه ذرات LDL با پتانسیل زتای آن‌ها در بیماران شریان کرونری در مقایسه با گروه کنترل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه به صورت مورد-شاهدی انجام شده است. ۳۰ فرد بیمار و ۳۰ فرد سالم بر اساس معیارهای بالینی و پارامترهای آنژیوگرافی انتخاب شدند. میانگین قطر و پتانسیل زتای سطح ذرات LDL با کمک دستگاه زتا سایزر اندازه گیری شد.

**یافته‌های پژوهش:** بر اساس نتایج حاصل، میانگین قطر ذرات LDL در افراد بیمار ( $1/06 \pm 1/24/18 \text{ nm}$ ) ( $P=0/0001$ ) به طور معنی داری کمتر از میانگین قطر ذرات LDL در افراد سالم ( $0/63 \pm 1/26/001/25 \text{ nm}$ ) ( $P=0/25$ ) است. در این مطالعه میزان پتانسیل زتا در افراد بیمار ( $-25/08 \pm 0/77 \text{ mv}$ ) به طور معنی داری کمتر از افراد کنترل ( $1/56 \pm 23/65 \text{ mv}$ ) است و این بدان معنا می‌باشد که شارژ منفی در سطح ذرات LDL در میان بیماران بیشتر از گروه کنترل بوده است. از طرفی نیز یک ارتباط معنی دار بین میانگین قطر ذرات LDL و پتانسیل زتای سطح آن‌ها در بیماران شریان کرونری مشاهده گردید، هرچند این ارتباط در افراد سالم معنی داری نبود.

**بحث و نتیجه گیری:** مطالعه حاضر نشان داد که ذرات LDL کوچک تر و با شارژ منفی بیشتر با افزایش خطر بیماری‌های عروق کرونر مرتبط هستند. هم چنین به نظر می‌رسد تغییر در قطر ذرات LDL با تغییر در پتانسیل زتای سطح ذرات ارتباط

**واژه های کلیدی:** پتانسیل زتا، LDL کوچک و چگال، گرفتگی عروق کرونر

## مقدمه

ذرات LDL (لیپو پروتئین با چگالی کم)، از نظر اندازه، دانسیته و ترکیب لیپیدی ناهمگون هستند و هم چنین این ذرات دارای شارژ الکتریکی مجزا می‌باشند و تغییر در خصوصیات الکترواستاتیکی آن‌ها مستقیماً بر روی متابولیسم لیپو پروتئین‌ها اثر می‌گذارد (۱،۲). دو فنوتیپ بارز A و B برای ذرات LDL شناسایی شده است: فنوتیپ A شامل ذرات LDL بزرگ و با اندازه ۲۵/۵ نانومتر یا بیشتر و فنوتیپ B شامل ذرات LDL کوچک و چگال (sd-LDL) و با اندازه کمتر از ۲۵/۵ نانومتر می‌باشد (۲). مطالعات انجام شده حاکی از ناهمگونی موجود در اندازه ذرات LDL و تغییر شارژ سطحی بر روی خطر ابتلا بیماری‌های قلبی-عروقی

در افراد دارای LDL های کوچک تر و چگال تر ۳ برابر بیشتر از افراد دیگر می‌باشد (۳). بر اساس مطالعات محققان، ذرات کوچک و متراکم LDL (الگوی B) با افزایش غلظت تری گلیسرید و کاهش غلظت HDL، جنس مذکر، هیپر انسولینمی و قند بالا ارتباط دارند (۴). علی رغم این که عوامل موثر برای آتروژنیک بودن sd-LDL به خوبی شناخته نشده است اما چندین علت برای آتروژنیک بودن sd-LDL پیشنهاد شده است. ذرات کوچک تر LDL احتمالاً به دلیل کاهش میزان آنتی اکسیدان‌ها و یا افزایش سطح اسیدهای چرب (puFA) در ساختمان این ذرات بیش از ذرات بزرگ تر مستعد به اکسیداسیون است (۵). ذرات کوچک تر LDL، آسان تر توسط بافت عروقی برداشته

شده و در نتیجه انتقال اندوتلیالی این ذرات بیشتر است (۶). ذرات sd-LDL میل ترکیبی کمتر نسبت به رسپتورهای شان در کبد دارند و میل ترکیبی بیشتری به پروتئوگلیکان های عروق دارند (۷).

شارژ سطحی لیپو پروتئین ها مداخلات بینابینی آن ها را کنترل کرده و تعیین کننده توانایی آن ها در تعامل با آنزیم های داخل عروقی و پروتئین های سطح سلولی می باشد (۸). شارژ منفی لیپو پروتئین با محتوای آپو لیپو پروتئین، فسفو لیپیدهای آنیونیک (به ویژه PI) و اسیدهای چرب NEFA ارتباط مستقیم دارد (۹). مطالعات نشان می دهند که LDL، الکترون گاتیو سیو توکسیک بوده و نسبت به اکسیداسیون حساس تر خواهد بود (۱۰). میزان LDL الکترون گاتیو در میان بیماران CHD، دیابت ملیتوس و نیز بیماران هیپر لیپیدمی (۱۱، ۱۲) افزایش می یابد. اگرچه بیشتر مطالعات افزایش سطح LDLc را به عنوان یکی از مهم ترین فاکتورهای خطر برای بیماری عروق کرونر پیشنهاد کرده اند (۱۳)، اما بسیاری از افراد مبتلا به بیماری عروق کرونر دارای زمینه LDLc طبیعی می باشند (۱۴). بر اساس مطالعات موجود، عوامل مختلفی (ریسک فاکتورهای قلبی) باعث تغییرات اساسی در ساختمان و عملکرد ذرات LDL می شوند. هرگونه تغییراتی مانند اکسیداسیون یا تغییر بار الکتریکی سطحی این ذرات منجر به بالا بردن خاصیت پاتوژنیک آن ها در ایجاد آترواسکلروزیس و در نتیجه بیماری CAD می شوند. تغییر در اندازه یا همان قطر ذرات نیز به عنوان یک ریسک فاکتور مهم در ایجاد خاصیت آتروژنیک این ذرات محسوب می شود. ما تصور می کنیم که رابطه ای بین قطر ذرات مذکور و بار الکتریکی سطح آن ها وجود داشته باشد و این رابطه در بیماران CAD در مقایسه با گروه کنترل تغییر می کند. لذا با انجام این تحقیق این رابطه مورد مطالعه قرار می گیرد و بدین ترتیب نقش قطر ذرات و بار الکتریکی آن ها در ارتباط با یکدیگر و در پاتوژنیز بیماری CAD مورد تحقیق قرار می گیرد.

#### مواد و روش ها

از میان افرادی که به علت دردهای قفسه سینه مشکوک به ناراحتی های قلبی به بیمارستان شهید

مصطفی خمینی ایلام مراجعه می کردند، بر اساس معیارهای بالینی و تست آنژیوگرافی ۳۰ فرد بیمار و ۳۰ فرد کنترل انتخاب شدند. با کمک سرنگ خونگیری معمولی ۱۰ میلی لیتر نمونه خون وریدی از بیماران شریان کرونری (۳۰ بیمار) و افراد کنترل (۳۰ فرد کنترل) انتخاب شدند. اطلاعات مربوط به ریسک فاکتورهای بالینی یعنی دیابت، فشار خون، سابقه بیماری قلبی - عروقی، سیگار و غیره و مصرف داروهای بیماران از روی پرونده پزشکی آن ها و نیز مصاحبه با آن ها بدست آمد. در این مطالعه بیماران مبتلا به انفارکتوس میوکارد (در ۶ ماه اخیر) و یا حوادث قلبی - عروقی، جراحی (طی ۳ ماه اخیر)، سرطان و عفونت و یا بیماری های التهابی وارد نشدند. هم چنین افرادی که CRP بالا داشتند و یا تعداد گلبول سفید خون آن ها بالا بود و نیز بیماران کلیوی و کبدی از مطالعه حذف شدند. بیمارانی که دچار حوادث قلبی بعد از آنژیوگرافی شدند، در مطالعه حضور نیافتند. با کمک سرنگ خونگیری معمولی ۱۰ میلی لیتر نمونه خون وریدی از بیماران شریان کرونری و افراد کنترل پس از ۱۴-۱۲ ساعت ناشتایی تهیه شده و سرم خون آن ها به وسیله سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰rpm به مدت ۱۵ دقیقه جدا می شود. نمونه سرم هر فرد بلافاصله در لوله های پلاستیکی در پیچ دار پلی پروپیلنی مخصوص جمع آوری سرم ریخته شدند. برای جداسازی ذرات LDL سرم از روش Bronzert و همکارانش استفاده شد (۱۵). بطور خلاصه، در ابتدا به لوله های اولتراسانتریفوژ پلی آلومر (Optiseal, Beckman/Coulter, Fullerton, CA, USA) که گنجایشی در حد ۸/۹ میلی لیتر دارند، ۵/۹ میلی لیتر سرم اضافه گردید. سپس ۳ میلی لیتر محلول A بصورت یک لایه به روی سرم مذکور اضافه شد تا یک شیب دانسیته ناپیوسته ایجاد شود. این لوله ها در یک دستگاه اولتراسانتریفوژ (Beckman Coulter Optima L-100 XP) مجهز به روتور زاویه ثابت Ti90 با دور ۶۰۰۰rpm به مدت ۶ ساعت و در دمای ۱۶C° و پارامترهای "Acceleration 5" و "Deceleration 7" سانتریفوژ گردیدند. بعد از سانتریفوژ شدن، فراکشن VLDL (لایه سفید سوپرناتانت) به همراه ۳ میلی لیتر از محلول لایه بالایی

ذرات، ویسکوزیته و RI (ایندکس پراش) آب به‌عنوان SOP بکار گرفته شد. صحت اندازه‌گیری قطر ذرات با استفاده از ذرات نانوسایز استاندارد (Gold Nanoparticles, 20 nm, 0.01% (w/v) aqueous solution, Nanocs Inc, NY, USA) تحت همان شرایط آزمایش بررسی گردید و با قطر ارائه شده توسط سازنده آن مطابقت گردید. ضریب تغییرات درون سنجی (CV%) برای ۱۰ سنجش یکسان حدود ۱/۲٪ و نیز ضریب تغییرات برون سنجی برای ۸ سنجش حدود ۳/۱٪ بود.

اندازه‌گیری پتانسیل زتای ذرات LDL نیز به وسیله دستگاه زتاسایزر nano ZS (Malvern با تابش لیزر سبز با طول موج ۵۳۰ نانومتر انجام می‌شود. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار DTS نانو، ورژن ۵/۰۲ انجام می‌گیرد. برای انجام آزمایش ۰/۵ میلی لیتر از فراکشن LDL با یک میلی لیتر بافر مناسب (بافر تریس ۱mM حاوی ۷۰ μg/mL پروتئین آلبومین، با pH برابر ۷/۴) مخلوط گردیده و از فیلترهای سرسرنگی (cellulose acetate membrane, 30 Millipore) عبور داده شد. محلول فیلتر شده به یک سلول پلی استیرن یک با مصرف (DTS0012) تزریق گردید و پتانسیل زتای ذرات LDL با کمک دستگاه نانو زتاسایزر ZS(PCS, Malvern 3000, Worcestershire, UK) و با استفاده از باریکه لیزر سبز با طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد. اطلاعات بدست آمده از برگشت نور لیزر ۵۳۰ نانومتر پس از عبور از دیتکتور توسط نرم افزار دستگاه زتاسایزر پردازش گردیده و حرکت الکتروفوریتیک ذرات با استفاده از تکنیک سرعت سنجی داپلر لیزری (Laser Doppler Velocimetry یا LDV) اندازه‌گیری شدند. مدت زمان انجام یک اندازه‌گیری کمتر از ۵ دقیقه بود.

در این مطالعه همه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ آنالیز گردیدند. توزیع نرمال متغیرها با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف امتحان گردید. داده‌های حاصل به شکل میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده‌اند و مقدار  $p < 0.05$  از نظر آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

لوله برداشته و دور ریخته شد. بقیه محتوای لوله با ۳ میلی لیتر محلول B (حاوی ۲۴/۸ گرم NaBr در محلول A) مخلوط گردید. سپس لوله با دور rpm ۶۰۰۰ به مدت ۱۲ ساعت و در دمای ۱۶°C و پارامترهای "Acceleration 9" و "Deceleration 7" ساتریفوژ گردید. بعد از این مرحله ساتریفوژ، فراکشن LDL (بصورت یک باند زرد- نارنجی در سوپرناتانت ظاهر می‌شود) با دقت توسط یک پیت پاستور در یک لوله اپندورف جمع‌آوری گردید. در دمای ۸۰°C- تا زمان اندازه‌گیری قطر ذرات نگهداری شد. برای تعیین میانگین قطر ذرات LDL از روشی مشابه روش Emerson و همکارانش استفاده گردید (۱۶) با این تفاوت که در اینجا به جای روش پراش نور لیزری (laser light scattering) از متدولوژی پراش نور دینامیکی (dynamic LLS)؛ از متدولوژی پراش نور دینامیکی (dynamic light scattering; DLS) استفاده گردید. بدین منظور ۰/۵ میلی لیتر از فراکشن LDL با ۱ میلی لیتر از محلول پراکنده مذکور مخلوط گردید و از یک فیلتر cellulose acetate membrane, 30 Millipore) عبور داده شد تا ذرات نا همگن و آشغال حذف گردند. محلول فیلتر شده به یک سلول پلی استیرن یک با مصرف (DTS0012) تزریق گردید و قطر ذرات LDL با کمک دستگاه نانو زتاسایزر ZS (Malvern, Worcestershire, UK) و با استفاده از باریکه لیزر سبز با طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد. نور پراش خورده توسط یک دتکتور در زاویه ۱۷۳ درجه با استفاده از تکنولوژی NIBS (Non-Invasive Back-Scatter) جمع‌آوری گردید و به طرف کوریلاتور (correlator) دستگاه هدایت گردید. داده‌ها با کمک نرم افزار دستگاه زتاسایزر (DTS, nano series, version 5.02, Malvern, and Worcestershire, UK) آنالیز گردیدند و اطلاعات مربوط به اندازه ذرات به صورت حاصل ضرب متوسط Z در شدت گزارش گردید. دستگاه میانگین سایز ذرات LDL و توزیع آن‌ها، و پیک غالب مربوط به سایز ذرات را تعیین می‌کند. همه سنجش‌های دستگاه در دمای ۲۵°C و به صورت دوتائی صورت گرفت. پیش از تعیین قطر

### یافته‌های پژوهشی

سن و جنس مطابقت داشتند. ریسک فاکتورهای قلبی-عروقی در میان بیماران شریان کرونری قلب بیشتر از گروه کنترل بود.

بر اساس مشخصات بالینی بدست آمده از افراد تحت مطالعه که در جدول شماره یک نشان داده شده‌اند. با توجه به این که افراد بیمار و کنترل از لحاظ جدول ۱. مشخصات بالینی افراد تحت مطالعه

مقدار P	بیماران شریان کرونری (۳۰ نفر)	افراد کنترل (۳۰ نفر)	متغیر
۰/۴۳	۶۰/۳ ± ۸/۳	۵۷/۶۰ ± ۹/۱	سن (سال)
۰/۳۸	۲۱ (۷۰)	۲۰ (۶۶/۷)	افراد مذکر
۰/۰۱	۶ (۲۰)	۱ (۳/۳)	افراد دیابت قندی
۰/۰۰۱	۷ (۲۳/۳)	۳ (۱۰)	افراد سابقه فامیلی بیماری قلبی
۰/۰۰۱	۸ (۲۶/۷)	۱ (۳/۳)	افراد سیگاری
۰/۰۰۱	۱۰ (۳۳/۳)	۲ (۶/۷)	افراد با فشار خون بالا
۰/۰۱	۱۸ (۶۰)	۰ (۰)	مصرف داروی کاهنده چربی
۰/۰۰۰۱	۲۸ (۹۳/۳)	۰ (۰)	مصرف آسپیرین
۰/۰۰۰۱	۷ (۲۳/۳)	۰ (۰)	مصرف داروهای ضد پلاکتی
۰/۰۰۰۱	۱۳ (۴۳/۳)	۰ (۰)	مصرف قرص نیترو گلیسرین
۰/۰۰۰۰۱	۱۸ (۶۰)	۰ (۰)	مصرف مهار کننده های ACE

داده‌ها به صورت انحراف معیار ± میانگین یا تعداد (درصد) نشان داده شده‌اند. ACE، آنزیم مبدل آنژیوتانسین.

داری از افراد کنترل کمتر است. یک ارتباط معنی دار بین میانگین قطر ذرات LDL و پتانسیل زتای سطح آن‌ها در بیماران شریان کرونری مشاهده گردید ( $P=0.0001$ ,  $r=0.66$ ). هر چند این ارتباط در افراد سالم معنی دار نبود ( $P=0.19$ ,  $r=-0.261$ ).

هم چنین بر اساس مشخصات بیوشیمیایی بدست آمده از دو گروه بیماران و کنترل که در جدول شماره ۲ نمایش داده شده‌اند، مشاهده می‌گردد که میانگین قطر ذرات LDL در افراد بیمار به طور معنی داری کمتر از میانگین قطر ذرات LDL در افراد سالم است. هم چنین میزان پتانسیل زتا در افراد بیمار به طور معنی

جدول ۲. مشخصات بیوشیمیایی افراد تحت مطالعه

مقدار P	بیماران شریان کرونری (۳۰ نفر)	افراد کنترل (۳۰ نفر)	متغیر
۰/۰۰۰۱	۲۴/۱۸ ± ۱/۰۶	۲۵/۲۶ ± ۰/۶۳	میانگین قطر ذرات LDL (nm)
۰/۰۰۰۱	-۲۵/۰۸ ± ۰/۷۷	-۲۳/۶۵ ± ۱/۵۶	میانگین پتانسیل زتا (mV)

بیماران شریان کرونری وجود دارد. بر اساس مطالعات موجود عنوان می‌شود ریسک ابتلا به بیماری قلبی در افرادی که اندازه LDL از نوع کوچک و چگال باشد ۳ برابر بیشتر از افرادی است که اندازه LDL از نوع بزرگ است (۳). از آنجایی که بیماری دیابت خود یکی از ریسک فاکتورهای مهم در بروز آترواسکلروزیس و به تبع آن بیماری‌های قلبی-عروقی می‌باشد در مطالعات متعددی که بر روی بیماران دیابتی انجام شده است این نتیجه به اثبات رسیده است که فتوتیپ B در این بیماران بیشتر از افراد سالم بوده که این می‌تواند افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی را توجیه کند (۱۷، ۱۸). از این رو با توجه به اینکه در مطالعه ما

### بحث و نتیجه گیری

در مطالعه حاضر مشخص گردید که ریسک فاکتورهای قلبی-عروقی در میان بیماران شریان کرونری قلب نسبت به افراد کنترل، بیشتر است. میانگین قطر ذرات LDL در افراد بیمار به طور معنی داری کمتر از میانگین قطر ذرات LDL در افراد سالم است. هم چنین میزان پتانسیل زتا در افراد بیمار بطور معنی داری کمتر از افراد کنترل است و این بدان معنا می‌باشد که شارژ منفی در سطح ذرات LDL در میان بیماران بیشتر از گروه کنترل بوده است. علاوه بر این ما متوجه شدیم که یک ارتباط معنی دار بین میانگین قطر ذرات LDL و پتانسیل زتای سطح آن‌ها در

نیز میانگین قطر ذرات LDL در افراد بیمار بطور معنی داری کمتر از میانگین قطر ذرات LDL در افراد سالم است و نیز با استناد به مطالعات دیگر، احتمال می‌رود ارتباط قوی بین اندازه کوچک تر ذرات LDL و آتروژنیسیته آن‌ها وجود داشته باشد (۱۹). مطالعه Okada و همکارانش نشان می‌دهد که میزان پراکسیداسیون ذرات LDL ارتباط مثبتی با شارژ منفی سطح این ذرات دارد. در نتیجه با افزایش شارژ منفی، پراکسیداسیون لیپیدی افزایش یافته و تولید فاکتورهای آتروژنیک و پیش التهابی در سلول‌های اندوتلیال نیز افزایش می‌یابد (۲۰). در LDL الکترونگاتیو هم چنین ممکن است سرعت کریستالیزاسیون کلسترول را در پلاک آترواسکلروز افزایش دهد، در نتیجه کریستالیزاسیون باعث پارگی پلاک شده و این روند باعث فعال شدن فرآیندهای زنجیره‌ای انعقاد خون توسط پلاکت‌ها و بی‌ثباتی در عروق کرونر می‌شود (۲۱). در مطالعه ما یک رابطه معنی‌دار نیز بین میانگین قطر ذرات LDL و پتانسیل زتای سطح آن‌ها در بیماران شریان کرونری مشاهده گردید. این ارتباط در مطالعه Belle و همکارانش نیز بررسی شده بود، آن‌ها گزارش کردند که ذرات کوچک تر LDL در مقایسه با ذرات بزرگ تر، چگال تر بوده و حرکت الکتروفوریتیک بیشتری داشته و پتانسیل سطح آن‌ها منفی تر است (۲۲). در نهایت براساس نتایج این

مطالعه میانگین قطر ذرات LDL در افراد بیمار به طور معنی داری کمتر از میانگین قطر ذرات LDL در افراد سالم است. هم چنین میانگین پتانسیل زتای ذرات LDL در افراد بیمار به طور معنی داری کمتر از میانگین پتانسیل زتای ذرات LDL در افراد سالم است. بدین معنی که شارژ منفی سطحی ذرات LDL در افراد بیمار بیشتر است. از طرفی نیز یک ارتباط معنی دار بین میانگین قطر ذرات LDL و پتانسیل زتای سطح آن‌ها در بیماران شریان کرونری مشاهده گردید بنابراین بر اساس مطالعات متعدد بیان شده و نیز نتایج بدست آمده از مطالعه ما می‌توان فاکتورهایی مثل قطر ذرات LDL و تغییرات شارژ سطحی در آن‌ها را به عنوان ریسک فاکتورهایی برای بیماری‌های قلبی - عروقی در نظر گرفت نتایج این مطالعه و بررسی‌های دیگر در این زمینه می‌تواند کمک زیادی را به درک بهتر پاتوژنیزس و پیش آگهی بیماری‌های مرتبط با متابولیسم لیپیدها بنماید.

#### سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات کردستان با همکاری دانشگاه علوم پزشکی ایلام می باشد. بدین وسیله از همکاری و مساعدت دو دانشگاه تقدیر و تشکر می‌گردد.

#### Reference

1. Niccoli G, Baca M, Spirito MD, Parasassi T. Impact of electronegative low density lipoprotein on angiographic coronary atherosclerotic burden. *Atherosclerosis* 2012; 223:166-70.
2. Wilson PW, Pencina M, Jacques P, Selhub J, Dagostino RSR, Odonnell CJ. C- reactive protein and reclassification of cardiovascular risk in the framingham heart study. *Circ Cardiovasc Qual Outcom* 2008;1:92-7.
3. Packard C, Caslake M, Seperd J. The role of small dense low density lipoprotein a new look. *Int J Cardiol* 2000; 74:17-22.
4. Packard CJ. Triacylglycerol rich lipoproteins and the generation of small dense low density lipoprotein. *Biochem Soci* 2003; 31:1066-69.
5. Stocker R, Keaney JF J. Role of oxidative modifications in atherosclerosis. *Physiol Rev* 2004; 84:1381-478.
6. Hirano T, Ito Y, Koba S, Toyoda M, Ikejiri A, Saegusa H, et al. Clinical significance of small dense lowdensity lipoprotein cholesterol levels determined by the simple precipitation method. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2004; 24: 558-63.
7. Hirano T, Ito Y, Saegusa H, Yoshino G. Anovel and simple method for quantification of small dense low-density lipoprotein. *J Lipid Res* 2003; 44: 2193-201.
8. Boucher JG, Nguyen T, Sparks DL. Lipoprotein electrostatic properties regulate hepatic lipase association and activity. *Biochem Cell Biol* 2007; 85: 696-708.

9. Grammer TB, Kleber ME, Marz W, Silbernagel G, Siekmeier R, Wieland H. Low-density lipoprotein particle diameter and mortality the Ludwigshafen Risk and Cardiovascular Health Study. *Eur Heart J* 2014; 35:1-17.
10. Khan MS. Small Dense LDL: New Marker for Cardiovascular Risk Assessment and its Therapeutic Inflection. *Biochem Anal Biochem* 2012; 1:1-4.
11. Mello AP, Dasilva IT, Abdalla DS, Damasceno NR. Electronegative low density lipoprotein origin and impact on health and disease. *Atherosclerosis* 2011;215:257-65.
12. Sanchezquesada JL, Benitez S, Franco M, Franco M, Blancovaca F, Ordonezllanos J. Density distribution of electronegative LDL in normolipemic and hyperlipemic subjects. *J Lipid Res* 2002; 43:699-705.
13. Genest JJ, McNamara JR, Salem DN. Prevalence of risk factors in men with premature coronary heart disease. *Am J Cardiol* 1991; 344:1185-89.
14. Stamler J, Brown WV, Gotto AM, Right Greenland P, Grundy S, Stamler R, et al. Serum cholesterol doing the thing. *Circulation* 1993; 88:1954-60.
15. Bronzert TJ, Brewer HB. New micromethod for measuring cholesterol in plasma lipoprotein fractions. *Clin Chem* 1977;23:2089-98.
16. Rawle A. PCS in 30 minutes. Malvern UK Inc Publication. 1995;P.213.
17. Friedlander Y, Kindron M, Caslake M. Low density lipoprotein particle size and risk factors of insulin resistance syndrome. *Atherosclerosis* 2000;148:141-9.
18. Toshima SI, Hasegawa A, Kurabayashi M, Itabe H, Takano T, Sugano J, et al. Circulating oxidized low density lipoprotein levels a biochemical risk marker for coronary heart disease. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2000;20: 2243-47.
19. Sparks DL, Chatterjee C, Young E, Renwick J, Pandey NR. Lipoprotein charge and vascular lipid metabolism. *Chem Phys Lipids* 2008; 154:1-6.
20. Okada M, Ito Y, Inano K, Miida T, Matsuto T. Structural changes in oxidative modification of low-density lipoprotein investigation using lipid peroxidation products surface charge and spectrophotometric patterns. *Ann Clin Biochem* 1997; 34:173-8.
21. Abela GS, Aziz K. Cholesterol crystals rupture biological membranes and human plaques during acute cardiovascular event sea novel insight into plaque rupture by scanning electron microscopy. *Scanning* 2006; 28:1-10.
22. Belle ML, Blanche PJ, Krauss RM. Charge properties of low density lipoprotein subclasses. *J Lipid Res* 1997; 38: 690-700.

## The Relationship between LDL Particles and Their Surface Charge in Patients with Coronary Artery Disease

Tavoosnejad H<sup>1</sup>, Basati G<sup>2</sup>, Keshavarzi F<sup>1\*</sup>

(Received: March 9, 2015

Accepted: February 23, 2016)

### Abstract

**Introduction:** According to recent researches, changes in the composition of LDL particles affect their surface charge and structural features (their diameters, for example), modifying their morphology and metabolism in the plasma. In the present study, the relationship of LDL particles size with their zeta potential were assessed in patients with coronary artery disease in comparison with control subjects.

**Materials & methods:** In the case and control study, 30 patients with coronary artery disease and 30 control subjects were selected based on the clinical and angiographic parameters. The size and zeta potential of LDL particles were measured using zeta sizer instrument.

**Findings:** Results of this study showed that, LDL mean particle size in patients ( $24.18 \pm 1.6$  nm) was significantly higher than that of control subjects ( $25.26 \pm 0.63$  nm) ( $P=.$ /0001). Furthermore, the zeta potential level in patients ( $-25.08 \pm 0.77$  mV) was significantly lower than that of control subjects ( $-23.65 \pm 1.56$  mV)

( $P=.$ /0001). This means that the negative charge of LDL particles was further in patients than in control subjects. On the other hand, there was a significant correlation between LDL mean particle size and zeta potential of the particles in patients. However, the correlation was not significant in control subjects.

**Discussion & conclusions:** Low density lipoprotein (LDL) particles are heterogeneous entities based on their size, density and composition. It is conceived that among the particles the smaller and denser ones would be more atherogenic. The present study demonstrated that LDL particles with smaller size and more negative charges are associated with increased risk of cardiovascular disease. Also, changes in the diameter of LDL particles are associated with the changes in the zeta potentials of the particles.

**Keywords:** Zeta potential, Small and dense LDL, Coronary artery disease

1. Dept of Biology, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

2. Dept of Biochemistry, Faculty of Medicine, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

\* Correspondin author Email: gol.keshavarzi@gmail.com