

## مقایسه‌ی تغییرات ژنتیکی لسیتین کلسترول آسیل ترانسفراز بین افراد دارای غلظت سرمی بالا و پایین از لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL) در جمعیت قند و لیپید تهران

دکتر محسن ناصری<sup>۱</sup>، دکتر مهدی هدایتی<sup>۲</sup>، دکتر مریم السادات دانشپور<sup>۳</sup>، دکتر فاطمه بندریان<sup>۴</sup>، دکتر فریدون عزیزی<sup>۵</sup>  
 (۱) مرکز تحقیقات ژنومیک، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران، (۲) مرکز تحقیقات سلولی و ملکولی غدد درون‌ریز، پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، (۳) مرکز تحقیقات دیابت، پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران، (۴) مرکز تحقیقات غدد درون‌ریز و متابولیسم، پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، **نشانی مکاتبه‌ی نویسنده‌ی مسئول:** تهران، پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، بزرگراه چمران، خیابان یمن، خیابان پروانه، کدپستی ۴۷۶۳-۱۹۱۹۵، دکتر فریدون عزیزی؛ e-mail: azizi@endocrine.ac.ir

### چکیده

**مقدمه:** غلظت سرمی پایین لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL) یکی از مهم‌ترین و شایع‌ترین عوامل خطر بیماری‌های قلبی - عروقی است. بنابراین شناخت ژن‌های موثر بر غلظت HDL سرمی اهمیت زیادی دارد. در این مطالعه، ارتباط بین تغییرات توالی ژن لسیتین کلسترول آسیل ترانسفراز (LCAT) با سطح سرمی کلسترول - HDL در جمعیت مطالعه قند و لیپید تهران (TLGS) مورد بررسی قرار گرفت. **مواد و روش‌ها:** با استفاده از داده‌های فاز ۴ مطالعه TLGS، افراد با غلظت کلسترول - HDL پایین و افراد با غلظت کلسترول - HDL بالا شناسایی شده، در نهایت افرادی از هر گروه که حداقل یکی از بستگان درجه اول آن‌ها دارای فنوتیپ مورد نظر بودند، وارد مطالعه گردیدند. محدوده سنی افراد ۱۵ سال به بالا تعیین و عوامل چاقی، سن، جنس، قند و فشار خون به عنوان عوامل مداخله‌گر در نظر گرفته شدند. تغییرات ژنتیکی ژن LCAT به روش تعیین توالی مستقیم شناسایی و ارتباط آن‌ها با غلظت کلسترول - HDL بررسی شد. **یافته‌ها:** در مجموع ۱۵ تغییر ژنتیکی شناسایی شدند. دو تغییر ژنتیکی rs5923 و Q177E با فراوانی آلی به ترتیب ۵/۸۷ درصد و ۴/۷ درصد در هر دو گروه مورد مطالعه وجود داشتند، هر چند در افراد با غلظت پایین HDL به طور معنی‌داری بیشتر بودند. ۱۱ مورد از تغییرات ژنتیکی برای اولین بار در این بررسی گزارش شده است و ۴ مورد قبلاً در پایگاه داده چندریختی تک نوکلئوتیدی (dbSNP) گزارش شده بودند. **نتیجه‌گیری:** نواحی اگزونی ژن LCAT در جمعیت تهران دارای تغییرات ژنتیکی متعددی می‌باشد. اگرچه فراوانی تعدادی از آن‌ها در افراد با کلسترول - HDL سرمی پایین، بیشتر بود، اما پس از تعدیل با عوامل مداخله‌گر، از نظر آماری معنی‌دار نبود.

**واژگان کلیدی:** تغییرات ژنتیکی، لیپوپروتئین، لسیتین کلسترول آسیل ترانسفراز، تعیین توالی

دریافت مقاله: ۹۳/۱۱/۱ - دریافت اصلاحیه: ۹۴/۴/۲ - پذیرش مقاله: ۹۴/۴/۲۴

### مقدمه

<sup>i</sup>(TC)، افزایش لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL)<sup>ii</sup>، افزایش غلظت تری‌گلیسرید (TG) و کاهش غلظت لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL)<sup>iii</sup> در سرم می‌باشند.<sup>۱</sup> در دهه ۱۹۸۰

بیماری‌های قلبی - عروقی از عوامل اصلی مرگ و میر در جهان محسوب می‌شوند. اختلال سطح لیپیدهای خون (دیس‌لیپیدمی) از عوامل خطر بیماری‌های قلبی‌عروقی می‌باشد. این اختلالات شامل افزایش سطح کلسترول تام

i- Total Cholesterol

ii- Low Density Lipoprotein

iii-High Density Lipoprotein

ژن LCAT در ناحیه‌ی 22-21q از کروموزوم ۱۶ انسانی واقع شده است و به طور عمده در کبد بیان می‌گردد. این ژن دارای ۶ اگزون است<sup>۷</sup> و پروتئینی با ۴۱۶ اسیدآمینو را کد می‌کند.

بررسی‌ها نشان داده که جهش در ژن LCAT سبب کاهش سطح HDL-C می‌گردد.<sup>۱۰</sup> از سوی دیگر، موتاسیون-های این ژن اساس بیماری‌های (FLD) Familial LCAT Deficiency و یا Fish-eye disease (FED) می‌باشد. تاکنون بیش از ۹۰ پلی‌مورفیسم در ژن LCAT شناسایی شده است. تمامی این جهش‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای فعالیت LCAT را کاهش می‌دهند.<sup>۸،۱۱،۱۲</sup> در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۱ توسط دکتر دانشپور در پژوهشکده‌ی علوم غدد و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام شد، سه ناحیه ژنی 24-22q، 25-23q11 و 24-23q16 دارای شانس بالایی برای حضور ژن‌های موثر بر غلظت سرمی HDL-C گزارش شدند<sup>۱۳</sup> که ژن LCAT نیز در این ناحیه قرار می‌گیرد.

با توجه به گزارش شیوع بالای HDL پایین در مطالعه TLGS<sup>۱۴،۱۵</sup> و سهم بالای عوامل ژنتیکی در تعیین غلظت HDL سرم، این مطالعه با هدف شناسایی تغییرات ژنتیکی در ژن LCAT و مقایسه توزیع آن‌ها در دو گروه افراد با غلظت بسیار بالای کلسترول - HDL و افرادی با سطوح بسیار پایین کلسترول - HDL در جمعیت سالم شرکت‌کننده در مطالعه قند و لیپید تهران (TLGS) انجام گردید.

## مواد و روش‌ها

با استفاده از داده‌های فاز ۴ مطالعه TLGS، افراد با غلظت سرمی کلسترول - HDL کمتر از صدک ۵ (۱۸۱ نفر) و افراد با غلظت سرمی کلسترول - HDL بیشتر از صدک ۹۵ (۱۷۵ نفر) شناسایی و انتخاب شدند. برای افزایش شانس یافتن موارد ژنتیکی HDL خیلی بالا و خیلی پایین افرادی انتخاب شدند که حداقل یکی از بستگان درجه اول آن‌ها نیز دارای فنوتیپ مورد نظر بودند و در هر ۴ فاز مطالعه TLGS، فنوتیپ مورد نظر را به صورت ثابت نشان داده بودند (جدول ۱). افراد در محدوده سنی ۷۰-۱۵ سال انتخاب شدند و کودکان در این مطالعه وارد نشدند. معیارهای خروج از مطالعه، مصرف داروهای کاهنده یا افزایشنده HDL (هر گونه داروی موثر بر لیپیدهای سرم)، نمایه‌ی توده‌ی بدنی (BMI)  $\leq 30$  کیلوگرم بر مترمربع و مصرف سیگار بودند.

میلادی، سطوح پایین HDL به عنوان یک عامل خطر مستقل برای بیماری‌های عروق کرونری (CAD) به اثبات رسید.<sup>۲</sup> علاوه بر این، HDL پایین یکی از اجزاء سندرم متابولیک می‌باشد که خطر بیماری‌های قلبی - عروقی را افزایش می‌دهد. بر اساس گزارش مطالعات متعدد، غلظت سرمی لیپیدهای خون جزو فنوتیپ‌های ژنتیکی پیچیده بوده و تحت تاثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارند.<sup>۳،۴</sup> سهم وراثت در تعیین میزان لیپیدها نسبتاً بالا تخمین زده شده است، به طوری که این نسبت ۴۰ تا ۶۰ درصد برای کلسترول - HDL، ۴۰ تا ۵۰ درصد برای کلسترول - LDL و ۳۵ تا ۴۸ درصد برای تری‌گلیسریدها گزارش شده است.<sup>۲</sup>

لیپوپروتئین HDL به طور دایم توسط آنزیم‌هایی مانند LCAT، CETP<sup>ii</sup> و PLTP<sup>iii</sup> از نظر خصوصیتی مانند شکل، اندازه و شارژ سطحی دچار تغییر می‌گردد.<sup>۲،۵</sup> با این که تغییرات ژنتیکی شایع ژن‌های CETP،<sup>iv</sup> LPL<sup>v</sup> و LIPC<sup>v</sup> بیشترین همراهی را با غلظت HDL پلاسما نشان می‌دهند،<sup>۶</sup> بسیاری از مطالعات، اهمیت نقش آنزیم LCAT را در هموستاز کلسترول تایید و ژن آن را به عنوان یک هدف برای مداخلات درمانی در پیشگیری یا جلوگیری از پیشرفت روند آترواسکلروزیس پیشنهاد کرده‌اند.<sup>۷،۸</sup>

آنزیم LCAT، گلیکوپروتئین پلاسمایی با مقادیر فراوان کربوهیدرات همراه است.<sup>۹</sup> این آنزیم تقریباً تشکیل تمامی استرهای کلسترول پلاسمای انسان را با انتقال یک رزیدوی زنجیر آسیل چرب بلند از موقعیت sn-2 فسفاتیدیل کولین (لیسیتین) به گروه ۳- بتا هیدروکسی کلسترول و ایجاد لیزوفسفاتیدیل کولین و استرکلسترل کاتالیز می‌نماید. این واکنش اغلب روی HDL پلاسما که حاوی فعال‌کننده‌ی اصلی آنزیم LCAT (یعنی ApoA1)<sup>vi</sup> است، اتفاق می‌افتد.<sup>۷،۸</sup> ApoA1 قوی‌ترین فعال‌کننده LCAT در پلاسماست، البته آنزیم LCAT توسط ApoE، ApoC1 و ApoA4 هم فعال می‌شود. آنزیم LCAT پس از فعال شدن توسط ApoA1، کلسترول‌های آزاد موجود بر سطح HDL را استریفیه می‌نماید.<sup>۲</sup>

i-Lecithin-Cholesterol Acyltransferase

ii-Cholesteryl ester Transfer Protein

iii-Phospholipid Transfer Protein

iv- Lipoprotein Lipase

v- Lipase, Hepatic

vi- Apolipoprotein A-1

جدول ۱- غلظت صدک ۵ و ۹۵ HDL در سرم در هر گروه سنی در فاز ۴ مطالعه‌ی TLGS

گروه سنی (سال)	مرد		زن	
	صدک ۹۵ (میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر)	صدک ۵ (میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر)	صدک ۹۵ (میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر)	صدک ۵ (میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر)
۱۵-۲۴	۶۲	۳۱	۷۰	۳۶
۲۵-۳۴	۵۹	۳۰	۷۳	۳۵
۳۵-۴۴	۵۷	۲۹	۷۰	۳۴
۴۵-۵۴	۵۹	۳۰	۷۰	۳۳
۵۵-۶۴	۶۰	۲۹	۷۰	۳۴
≥۶۵	۶۳	۳۰	۷۱	۳۴

از افراد شرکت‌کننده در این مطالعه، رضایت‌نامه آگاهانه اخذ گردید و اصول اخلاقی رعایت شد و مطالعه به تصویب کمیته‌ی اخلاق پژوهشکده‌ی علوم غدد و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی رسید. این افراد شامل ۸۴ نفر با غلظت‌های پایین کلسترول - HDL (۶۳ مرد و ۲۱ زن) و ۶۶ نفر با غلظت‌های بالای کلسترول - HDL (۳۹ مرد و ۲۷ مورد زن) بودند. اطلاعات اولیه از قبیل سن، BMI<sup>۱</sup>، غلظت‌های کلسترول تام، کلسترول - LDL، کلسترول - HDL و تری-گلیسرید برای هر دو زیرگروه‌های HDL بالا و پایین ثبت شد. اطلاعات دموگرافیک و بیومتریکی این افراد در جدول ۲ بیان شده است.<sup>۱۶</sup>

استخراج DNA افراد انتخاب شده توسط کارشناسان بانک DNA پژوهشکده‌ی علوم غدد و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و به روش Salting out انجام و DNA در دمای ۲۰- یا ۷۰- ذخیره شده بود. پس از انتخاب و دریافت نمونه‌ی مورد نظر از بانک DNA، غلظت نمونه و درجه‌ی خلوص آن توسط دستگاه نانودراپ مرکز خوانده و در صورت بالا بودن غلظت DNA با آب مقطر استریل رقیق گردید تا همه‌ی نمونه‌ها به غلظت ۱۰۰ نانوگرم در میکرولیتر برسند.

تکثیر DNA و واکنش PCR با استفاده از پرایمرهای زیر انجام شد:

پروموتور: F[5'TGTTGCTCCTTGACTTGAG3'] , R [5'GGGAAGAGCACATTGAGGAG3']  
 اگزون ۱: F [5'CCTTTCCGGCAATCTCTG3'] , R[5'TCACAGTGTGGTGGGAGAAG3']  
 اگزون ۲ و ۳: F [5'CCAGACTGGGTGTTTGCTC3'] , R [5'TGTGTGCAGGTACCCTGTG3']  
 اگزون ۴: F [5'AGCAAGCTGGCAGGTTTGTGTCA3'] , R [5'AAGACAGGCTTCCCATAGGCAG3']  
 اگزون ۵: F [5'ACAATGGCTACGTGCGGGACGA3'] , R [5'AGTGGTAGATAGCACCCCTAGAG3']  
 اگزون ۶: F [5'TGAGCCTACTCAGCAGGTTGTG3'] , R [5'CCCATCTTGCCTCACTGCACACA3']

سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه، مرحله اتصال پرایمر به الگو به مدت ۳۵ ثانیه (در دماهای ۵۳، ۵۹، ۵۶، ۶۳، ۶۲ و ۶۹ به ترتیب برای هر جفت پرایمر) و مرحله توسعه در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵۰ ثانیه انجام گرفت.

برای اطمینان از تکثیر شدن قطعه‌ی مورد نظر و عدم تکثیر نواحی دیگر و تشکیل پرایمر دایمر در محصول PCR، از روش الکتروفورز روی ژل پلی آکریل‌آمید و رنگ‌آمیزی نیترات نقره استفاده شد. پس از حصول اطمینان از موفق بودن PCR، نمونه‌ها جهت تعیین توالی ارسال شدند.

پرایمرهای مورد نظر به صورت لیوفیلیزه از شرکت Bioneer کره تهیه شدند.

یک میکرولیتر از نمونه‌ی DNA جهت واکنش PCR با استفاده از تیوب‌های کیت PCR PreMix در حجم نهایی ۳۰ میکرولیتر، شامل ۴۰ پیکومول از هر پرایمر، ۰/۲ میلی‌مول بر لیتر dNTP، ۱/۵ میلی‌مول بر لیتر MgCl<sub>2</sub>، ۱ میلی‌مول بر لیتر Tris و ۰/۲۵ واحد آنزیم Taq پلیمرز انجام شد. واکنش PCR در ۳۲ سیکل صورت گرفت و هر سیکل در سه مرحله حرارتی شامل مرحله دناتوره شدن اولیه در دمای ۹۶ درجه

معیار و متغیرهای کیفی به صورت تعداد و درصد بیان شدند. برای مقایسه متغیرهای کمی پیوسته با توزیع نرمال بین دو گروه از آزمون تی مستقل استفاده شد. آزمون کای‌دو و آزمون دقیق فیشر برای مقایسه متغیرهای کیفی از قبیل ژنوتیپ و فراوانی آللی بین دو یا سه گروه به کار گرفته شدند. برای مقایسه متغیرهای کمی پیوسته با توزیع نرمال بین بیش از دو گروه از آزمون ANOVA استفاده شد.

رگرسیون خطی چندگانه برای کنترل اثرات مخدوش‌گرهای بالقوه از قبیل سن، سیگار، جنس و BMI به کار گرفته شد. این عوامل مخدوش‌گر باعث افزایش یا کاهش HDL سرم می‌شوند. سطح معنی‌داری برای تمام تحلیل‌های آماری کوچک‌تر یا مساوی ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها

در این مطالعه، ۸۴ نفر با غلظت‌های بسیار پایین کلاسترول - HDL (۶۳ مرد و ۲۱ زن) و ۶۶ نفر با غلظت‌های بسیار بالای کلاسترول - HDL (۳۹ مرد و ۲۷ مورد زن) مورد بررسی قرار گرفتند. در کل، ۱۰۲ مرد و ۴۸ زن در این مطالعه شرکت کردند. میانگین سنی مردان و زنان به ترتیب ۴۳±۱۳ و ۴۱±۱۵ سال بود.

تعیین توالی کامل ژن LCAT در ۱۵۰ نمونه DNAی افراد تهرانی (شرکت‌کننده در فاز ۴ مطالعه قند و لیپید تهران) به روش سنجر<sup>ii</sup> انجام شد. ویژگی‌های ۱۵۰ نمونه شرکت‌کننده در این مطالعه در جدول ۲ ذکر گردیده است.

نتایج تعیین توالی نمونه‌ها با کمک نرم‌افزار Chromas، BioEdit یا Lite 2.1.1 بررسی و پس از Alignment و تحلیل داده‌ها، تغییرات ژنتیکی احتمالی موجود در ژن LCAT مشخص و ارتباط آن‌ها با غلظت HDL بررسی گردید.

بررسی پارامترهای بیوشیمیایی قند و لیپیدهای سرم با روش کالری‌متری در پژوهش‌شده‌ی علوم غدد و متابولیسم انجام شد. مطالب و جزئیات مربوط به روش اندازه‌گیری این متغیرها در مطالعه دکتر عزیززی و همکاران موجود می‌باشد.<sup>۱۷</sup> به طور خلاصه از تمامی مراجعان پس از ۱۴-۱۲ ساعت ناشتا بودن در طول شب بین ساعت‌های ۹-۷ صبح جهت اندازه‌گیری غلظت کلاسترول تام، HDL کلاسترول، LDL کلاسترول و تری‌گلیسرید یک نمونه‌ی خون سیاهرگی گرفته شد. سپس نمونه‌های خون ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شده و کلیه اندازه‌گیری‌ها در همان روز با استفاده از دستگاه اتوآنالیزر Selectra 2 انجام گردیدند.

در این پژوهش، بررسی پیروی از تعادل هاردی-واینبرگ<sup>i</sup>، فراوانی آللی در جمعیت مورد مطالعه و تعیین شاخص‌های عدم تعادل پیوستگی برای تغییرات ژنی شناسایی شده با روش Pairwise Lewontin's D و استفاده از نرم‌افزار پاورمارکر صورت گرفت.

### تحلیل آماری

اطلاعات جمع‌آوری شده توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۵ و نرم‌افزار STATA نسخه ۹/۱ مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج متغیرهای کمی پیوسته به صورت میانگین ± انحراف

جدول ۲- اطلاعات دموگرافیک و بیومتریکی (زیست‌سنجی) افراد مورد مطالعه

متغیرها	افراد با صدک ۹۵ کلاسترول - HDL (۶۶ نفر)	افراد با صدک ۵ کلاسترول - HDL (۸۴ نفر)	مقدار P
جنسیت (زن/مرد) (درصد)	۵۹/۴	۷۵/۲	۰/۰۳۷
سن (سال)	۳۷±۱۶	۴۱±۱۳	۰/۰۹۳
کلاسترول تام (میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر)	۱۹۴±۴۲	۱۶۸±۴۷	۰/۰۰۱
لیپوپروتئین با چگالی پایین (میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر)	۱۰۴±۳۵	۹۰±۲۸	۰/۰۱۲
لیپوپروتئین با چگالی بالا (میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر)	۷۳/۸±۹/۸	۲۸±۳/۳	<۰/۰۰۰۱
تری‌گلیسرید (میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر)	۸۱±۴۲	۲۵۱±۱۷۹	<۰/۰۰۰۱
نمایه‌ی توده‌ی بدنی (کیلوگرم/مترمربع <sup>۲</sup> )	۲۳±۳	۲۶±۳	<۰/۰۰۰۱

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشد.

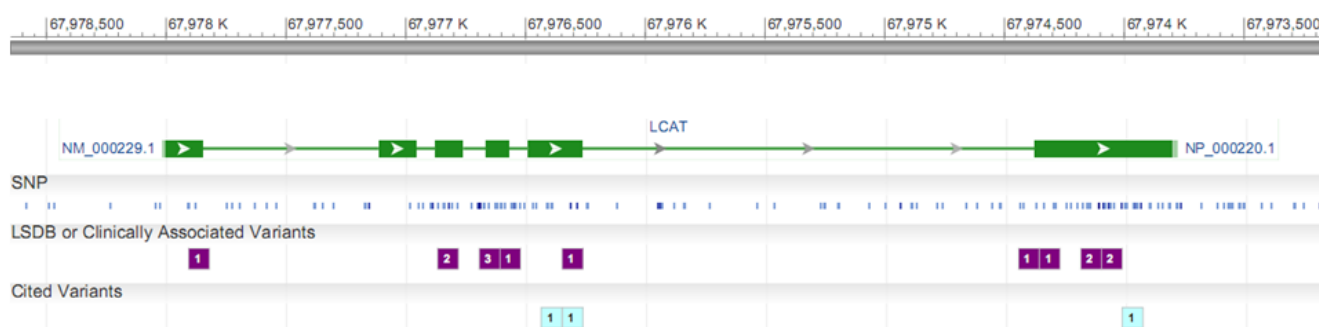
۶) و شش تغییر ژنتیکی دیگر در ناحیه اینترونی ژن LCAT قرار داشتند.

شکل ۱ موقعیت ژن LCAT روی کروموزوم ۱۶ انسان به همراه مکان تغییرات ژنی ثبت شده در پایگاه NCBI و شکل ۲ به صورت شماتیک مکان تغییرات ژنتیکی شناسایی شده در این مطالعه را روی ژن LCAT نشان می‌دهد. شکل ۳ تصویر کروماتوگرام دو مورد از تغییرات ژنی ژن LCAT را که به صورت هتروزیگوت می‌باشند، نشان می‌دهد.

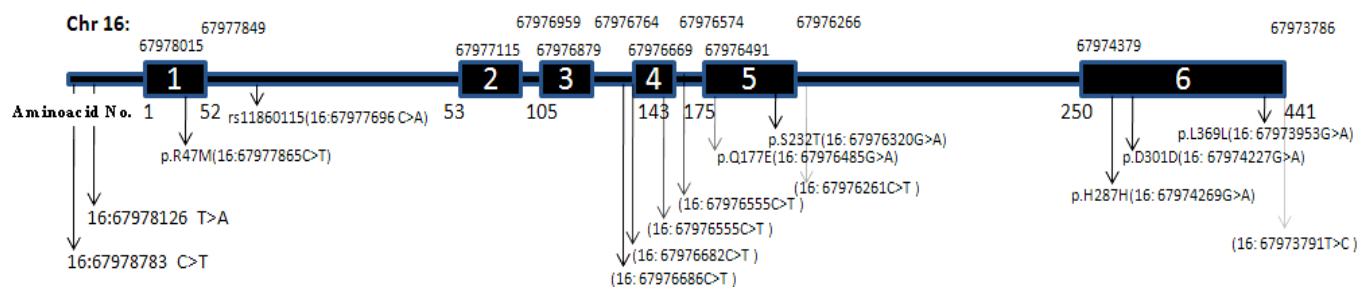
در مطالعه‌ی حاضر، در کل ۱۵ تغییر ژنتیکی شناسایی شدند که از این تعداد چهار مورد قبلا در بانک‌های اطلاعاتی عمومی (dbSNP: rs4986970, rs11860115, rs5923) و Ensemble: COSM972635) گزارش شده بودند. دو مورد از تغییرات ژنتیکی در ناحیه احتمالی پرموتر ژن مستقر بودند. هفت تغییر ژنتیکی در اگزون‌ها (یکی روی اگزون ۱، یکی روی اگزون ۴، دو تا روی اگزون ۵ و سه تا روی اگزون

### Homo sapiens chromosome 16, GRCh37.p10 Primary Assembly

NCBI Reference Sequence: NC\_000016.9



شکل ۱- موقعیت ژن LCAT روی کروموزوم ۱۶ انسان به همراه مکان تغییرات ژنی ثبت شده در پایگاه NCBI



شکل ۲- شکل شماتیک ژن LCAT که محل قرارگیری ۱۵ تغییر ژنتیکی شناسایی شده در این مطالعه روی آن مشخص شده است. باکس‌های مشکی نشان‌دهنده اگزون‌های ۱ تا ۶ ژن می‌باشند. در قسمت بالا شماره‌گذاری نوکلئوتید برحسب عدد کروموزومی (NC\_000016.9) و در قسمت پایین شماره گذاری آمینواسیدها مطابق GenBank: AAB34898.1 می‌باشد.<sup>۱۲</sup>

i- Hardy-weinberg Equilibrium

ii-Sanger

جدول ۳- فراوانی ژنوتایپی تغییرات ژنتیکی شناسایی شده

مقدار P	هر دو گروه	کستروال - HDL بالا	کستروال - HDL پایین	فراوانی ژنوتیپ	جایگاه ژنومی چند ریختی تک نوکلئوتیدی
- / ۰.۴۸	- / ۰.۸۸۵	- / ۰.۹۴۷	- / ۰.۸۳۵	CC	g.۹۰۶۳ (rs۵۹۲۳)
	- / ۰.۱۱۵	- / ۰.۰۵۳	- / ۰.۱۶۵	CT	
	.	.	.	TT	
- / ۰.۱۴	۰ / ۰.۹	۰ / ۰.۹۷	- / ۰.۸۵	CC	g.۶۵۳۱ (جدید)
	- / ۰.۹۵	- / ۰.۰۳	- / ۰.۱۵	CG	
	.	.	.	GG	
۰ / ۰.۵	- / ۰.۹۸۶	۱	- / ۰.۹۷۶	AA	g.۵۳۲۰ (rs۱۱۸۶۰۱۱۵)
	- / ۰.۱۲	.	- / ۰.۰۲۴	AC	
	.	.	.	CC	
۰ / ۰.۵	- / ۰.۹۸۳	۱	- / ۰.۹۷۶	CC	g.۶۳۳۴ (جدید)
	- / ۰.۱۳	.	- / ۰.۰۲۴	CT	
	.	.	.	TT	
- / ۰.۴۴	- / ۰.۹۹۲	- / ۰.۹۸۲	۱	TT	g.۴۲۳۳ (جدید)
	- / ۰.۰۰۸	- / ۰.۰۱۸	.	AT	
	.	.	.	AA	
۱	- / ۰.۹۹۳	۱	- / ۰.۹۸۸	GG	g.۴۸۹۰ (جدید)
	- / ۰.۰۰۷	.	- / ۰.۰۱۲	AG	
	.	.	.	AA	
۱	- / ۰.۹۹۳	۱	- / ۰.۹۸۸	CC	g.۵۱۵۱ (COSM۹۷۲۶۳۵)
	- / ۰.۰۰۷	.	- / ۰.۰۱۲	CT	
	.	.	.	TT	
- / ۰.۴۴	- / ۰.۹۹۳	- / ۰.۹۸۴	۱	CC	g.۶۴۶۱ (جدید)
	- / ۰.۰۰۷	- / ۰.۰۱۵	.	CT	
	.	.	.	TT	
۱	- / ۰.۹۹۳	۱	- / ۰.۹۸۸	CC	g.۶۷۵۵ (جدید)
	- / ۰.۰۰۷	.	- / ۰.۰۱۲	CT	
	.	.	.	TT	
۱	- / ۰.۹۹۳	۱	- / ۰.۹۸۸	TT	g.۹۲۲۵ (اسنپ جدید)
	- / ۰.۰۰۷	.	- / ۰.۰۱۲	CT	
	.	.	.	CC	
- / ۰.۴۴	- / ۰.۹۹۳	- / ۰.۹۸۴	۱	GG	g.۸۷۸۹ (جدید)
	- / ۰.۰۰۷	- / ۰.۰۱۵	.	AG	
	.	.	.	AA	
- / ۰.۴۴	- / ۰.۹۹۳	- / ۰.۹۸۴	۱	GG	g.۸۷۴۷ (۶۷۹۷۴۲۶۸)
	- / ۰.۰۰۷	- / ۰.۰۱۵	.	CG	
	.	.	.	CC	
- / ۰.۴۵	- / ۰.۹۹۳	- / ۰.۹۸۴	۱	AA	g. ۶۶۹۶ (rs۴۹۸۶۹۷۰)
	- / ۰.۰۰۷	- / ۰.۰۱۵	.	AT	
	.	.	.	TT	
- / ۰.۴۴	- / ۰.۹۹۳	- / ۰.۹۸۴	۱	CC	g.۶۴۱۸ (جدید)
	- / ۰.۰۰۷	- / ۰.۰۱۵	.	CA	
	.	.	.	AA	

\* این چند ریختی تک نوکلئوتیدی تنها در ensemble گزارش شده بود و در dbSNP نبود

ژنتیکی IVS1\_5320G/T، PROMOTER\_4890T/C، EX1\_5151A/G، IVS3\_6334A/G، IVS4\_6755A/G و IVS6\_9225G/A فقط در افراد گروه HDL پایین دیده شدند، در صورتی‌که تغییرات ژنتیکی PROMOTER\_4233G/C، EX6\_8789T/G، IVS4\_6461A/G، IVS3\_6329A/C، EX6\_8747T/C و 6696A/T در گروه HDL بالا مشخص شدند. همچنین تفاوت معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) از فراوانی ژنوتیپی برای Ex6\_9063T/C و Ex5\_6531G/C ( $P = 0.048$ ) و  $P = 0.014$ ) در بین دو گروه یافت شد، البته فراوانی آلی این دو تغییر ژنتیکی فاقد تفاوت معنی‌داری بود.

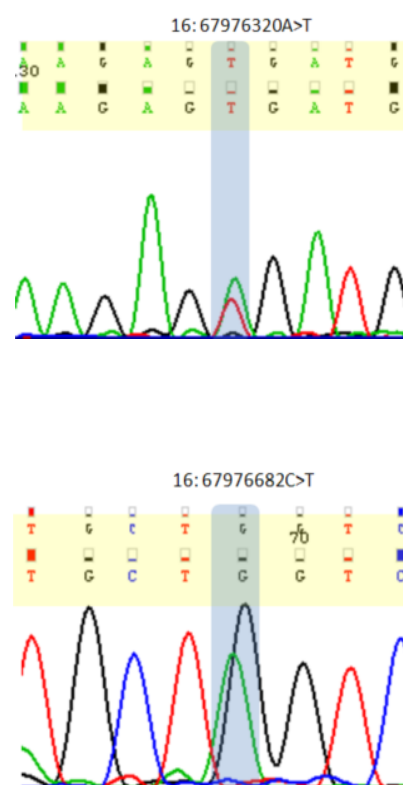
### بحث

در این مطالعه، ارزیابی ژن LCAT در سطح بازهای نوکلئوتیدی با تعیین توالی نمونه‌های DNA به دست آمده از افراد سالم دو سر طیف از نظر غلظت کلسترول - HDL (بالا و پایین تر از صدک ۵) انجام گرفت. و ۱۵ تغییر ژنتیکی با تکثیر و تعیین توالی پروموتور، اگزون‌ها و نواحی اتصال اگزون‌های ژن LCAT در ۱۵۰ نمونه DNA افراد تهرانی (شرکت‌کننده در مطالعه قند و لیپید تهران) دارای بیشترین و کمترین سطوح کلسترول - HDL سرمی شناسایی گردیدند. از این تعداد، چهار تا قبلا در بانک اطلاعات عمومی ensemble: dbSNP: rs4986970 rs11860115.rs5923) و COSM972635) گزارش شده بودند. از این چهار تغییر ژنی قدیمی، rs5923 بیشترین فراوانی آلل نادر را نشان داد که البته در مطالعات گذشته نیز دارای فراوانی آلی بالایی بوده است.

هدف عمده از مطالعات ژنتیکی روی سطوح لیپید خون، بهبود معالجه و در نهایت کاهش شیوع بیماری قلبی - عروقی است. یکی از انواع مطالعات در این زمینه، تعیین توالی اگزون‌ها برای شناسایی تغییرات ژنتیکی نادر با اثر بزرگ بر روی سطوح لیپید خون و بیماری قلبی و عروقی می‌باشد.<sup>۱۸</sup>

در این روش، امکان شناسایی تغییرات ژنتیکی مسبب و نادر،<sup>ii</sup> علاوه بر تغییرات ژنتیکی شایع،<sup>iii</sup> وجود دارد و در نتیجه علاوه بر فرضیه‌ی بروز بیماری‌های شایع به دلیل حضور تغییرات ژنتیکی شایع، فرضیه‌ی بروز بیماری‌های شایع به دلیل حضور تغییرات ژنتیکی نادر امکان آزمون شدن پیدا می‌کند. غربالگری افراد سطوح بالا و پایین یک

از میان تغییرات ژنتیکی شناخته شده، rs5923 دارای فراوانی بیشتر از ۵ درصد بود و بیشتر در افراد با غلظت پایین HDL مشاهده گردید. همچنین، یکی از تغییرات ژنتیکی جدید شناسایی شده (Chr: 16:67976485) نیز دارای فراوانی آلل نادر<sup>i</sup> (MAF) بیشتر از ۵ درصد بود و در ۱۲ نفر با مقدار پایین HDL سرمی و فقط در دو نفر با غلظت HDL بالا به صورت هتروزیگوت مشاهده گردید. تفاوت فراوانی این دو چندریختی تک نوکلئوتیدی در دو گروه مورد آزمایش (بدون در نظر گرفتن سایر عوامل) از نظر آماری معنی‌دار گردید ( $P \leq 0.05$ ). فراوانی آلل نادر یک تغییر ژنتیکی (Q177E) هم خیلی نزدیک به ۵ درصد (۴/۷ درصد) بود که تنها در گروه HDL پایین قرار داشت و ۱۳ تای باقی مانده MAF شان کمتر از یک درصد به دست آمد. فراوانی ژنوتیپی تغییرات ژنتیکی شناسایی شده در جدول ۳ بیان شده است.



شکل ۳- تصویر کروماتوگرام دو مورد از تغییرات ژنی ژن LCAT که به صورت هتروزیگوت می‌باشند.

تغییرات ژنتیکی Ex6\_9063T/C و Ex5\_6531G/C در هر دو گروه HDL بالا و HDL پایین مشاهده شد. تغییرات

ii - Causative and Rare  
iii - Common

i - Minor Allele Frequency (MAF)

rs4986970 تغییر ژنتیکی شناخته‌شده بعدی است که در یک مرد با HDL بالا مشاهده گردید. این تغییر ژنتیکی در مطالعات قبلی فاقد همراهی معنی‌دار با سطوح کلسترول - HDL سرمی بود.<sup>۲۱</sup> جهش  $c.529C>G$  روی اگزون شماره ۵ ژن LCAT قرار دارد که اسیدآمینو گلوتامین موقعیت ۱۷۷ آنزیم را به گلوتامیک تغییر می‌دهد. با مقایسه میان دو گروه آزمون‌شونده، MAF در افراد دارای HDL پایین به‌طور معنی‌داری بیشتر از MAF افراد HDL بالا بود. هم‌چنین در تحلیل رگرسیون لجستیک، نسبت شانس<sup>۳۳</sup> حضور این آلل در گروه HDL پایین نسبت به HDL بالا بدون بررسی عوامل مداخله‌گر  $5/64$  به دست آمد که البته پس از محاسبه عوامل مداخله‌گر عدد  $2/58$  حاصل شد.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که اغلب تغییرات ژنتیکی شایع در ژن LCAT در جمعیت تهران (TLGS) همان‌هایی هستند که قبلاً در سایر جوامع ترکی، اروپایی و کانادایی نیز گزارش شده‌اند. البته جمعیت تهران (TLGS) تعدادی تغییرات ژنتیکی نادر مختص خود نیز داشت که در هیچ‌یک از جمعیت‌های مطالعه شده تاکنون گزارش نشده است. تغییرات ژنتیکی شایع مشاهده شده در ژن LCAT جمعیت تهرانی، برخلاف مطالعات انجام شده روی جمعیت ترکی و اروپایی، همراهی معنی‌داری از لحاظ آماری با سطوح سرمی کلسترول - HDL نشان نمی‌دهد. این عدم تطابق می‌تواند به دلایل متعددی از جمله تاثیر ژن‌های مهم دیگر در متابولیسم HDL مانند APOA1, ABCA1 و یا سایر ژن‌هایی که در ارتباط با سطوح سرمی HDL گزارش شده‌اند، در جمعیت تهران (TLGS) باشد.<sup>۳۳</sup> در نهایت، اگر چه چند ریختی تکنوکلوئیدی و جهش‌های یافت شده در این تحقیق همراهی معنی‌داری با غلظت‌های سرمی کلسترول - HDL نشان ندادند، اما با انجام این مطالعه، تغییرات ژنتیکی تمامی اگزون‌های ژن LCAT برای اولین بار در جمعیت تهران (TLGS) با روش تعیین توالی معرفی شد و امکان استفاده سایر محققان ایرانی را برای طراحی و اجرای مطالعات ژنتیکی در ارتباط با ژن LCAT و سایر بیماری‌های مرتبط فراهم آورده است.

از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به عدم وجود بودجه پژوهشی و زمان کافی برای تعیین توالی هم‌زمان ژن ABCA1 که دارای اگزون‌های متعددی است، همراه ژن LCAT نام برد. لذا امکان بررسی تغییرات ژنی احتمالی در این ژن با اثر عملکردی بر سطوح سرمی کلسترول - HDL

صفت، احتمال پیدا شدن تغییرات ژنتیکی مهم و دارای اثر روی عملکرد پروتئین را افزایش می‌دهد. این روش فاقد سوگیری<sup>۱</sup> است، زیرا انتخاب افراد فقط بر اساس فنوتیپ شان شان است و از دیگر مزایای این روش عدم نیاز به بررسی خانواده‌های افراد مورد مطالعه است.<sup>۱۹</sup>

در مطالعه Haase در سال ۲۰۱۲، از ۷۶۰ فرد تعیین توالی شده، ۴۶ نفر این چند ریختی تک نوکلئوتیدی را دارا بودند که در هر دو گروه HDL بالا و HDL پایین تقریباً یکسان حضور داشتند.<sup>۲۰</sup> از آنجایی‌که تغییر باز این چند ریختی تکنوکلوئیدی به تغییر اسیدآمینو منجر نمی‌گردد، احتمال این که این تغییر ژنی نقشی در تغییر غلظت HDL سرمی داشته باشد نیز، پایین خواهد بود. شایان ذکر است که در مطالعه حاضر، این چند ریختی تکنوکلوئیدی با اختلاف معنی‌داری در گروهی که سطح HDL پایین داشتند، بیشتر از گروه HDL بالا حضور داشت، اما پس از تحلیل رگرسیون لجستیک و وارد نمودن عوامل مداخله‌گر، همراهی معنی‌داری با سطوح پایین HDL نشان نداد. البته فراوانی آلل T این چندریختی تکنوکلوئیدی، در مطالعه‌ای که روی ۱۰۰ نفر از شهروندان ترکیه انجام شد، در گروه HDL پایین ۵۴ درصد و در گروه HDL بالا ۳۷ درصد ( $P=0/019$ ) به دست آمد.<sup>۷</sup> از دلایل احتمالی این مشاهده، امکان همبستگی این آلل با آلل دیگری از لکوس مربوطه (موثر روی عملکرد آنزیم)<sup>۱</sup> در جمعیت شهروندان ترکیه و یا نزدیک بودن این تغییر ژنی به ناحیه فعال آنزیم است، که احتمال دارد به نوعی در فعالیت آنزیم در آن جامعه اثرگذار باشد. در مطالعه متاآنالیزی که روی جمعیت ۲۰۵۶۲ نفری از کشور دانمارک در سال ۲۰۱۲ انجام شد، ۱۰۴۵ نفر دارای این تغییر ژنی بودند (فراوانی آللی:  $0/05$ ) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. از طرفی در جمعیت دانمارک، rs4986970 در ۷۷۹ نفر (فراوانی آللی:  $0/04$ ) گزارش شد که بیشتر از میزانی است که در این تحقیق مشاهده شده است.<sup>۲۰</sup> یکی دیگر از تغییرات ژنتیکی شناخته شده در ژن LCAT، چندریختی تکنوکلوئیدی  $g.5151G>$  بود که در حقیقت یک نوع موتان بدمعنی<sup>۳۳</sup> است و باعث جانشینی باز آدنین به جای سیتوزین در اگزون یک شده که این امر خود منجر به جایگزینی اسیدآمینو متیونین به جای آرژنین در زنجیره‌ی اسید-آمینو‌ی آنزیم LCAT در موقعیت ۴۷ می‌شود.



پزشکی شهید بهشتی انجام شده است و در اینجا از زحمات تمامی محققین و کارشناسانی این که در انجام این مطالعه ما را یاری کرده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

هم‌زمان با بررسی اگزون‌های LCAT و APOA1 در جمعیت TLGS وجود نداشت.

**سپاسگزاری:** این مقاله بخشی از نتایج طرح تحقیقاتی با کد ۲۷۸ م می‌باشد که در پژوهشکده‌ی علوم غدد و متابولیسم دانشگاه علوم

- i- Causative
- ii- Missense
- iii- Odds ratio

## References

1. Khor CC, Goh DL. Strategies for identifying the genetic basis of dyslipidemia: genome-wide association studies vs. the resequencing of extremes. *Curr Opin Lipidol* 2010; 21: 123-7.
2. Weissglas-Volkov D, Pajukanta P. Genetic causes of high and low serum HDL-cholesterol. *J Lipid Res* 2010; 51: 2032-57.
3. Malhotra A, Coon H, Feitosa MF, Li WD, North KE, Price RA, et al. Meta-analysis of genome-wide linkage studies for quantitative lipid traits in African Americans. *Hum Mol Genet* 2005; 14: 3955-62.
4. Knuiaman MW, Divitini ML, Welborn TA, Bartholomew HC. Familial correlations, cohabitation effects, and heritability for cardiovascular risk factors. *Ann Epidemiol* 1996; 6: 188-94.
5. Azizi F, Raiszadeh F, Salehi P, Rahmani M, Emami H, Ghanbarian A, et al. Determinants of serum HDL-C level in a Tehran urban population: the Tehran Lipid and Glucose Study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2002; 12: 80-9.
6. Sviridov D, Nestel PJ. Genetic factors affecting HDL levels, structure, metabolism and function. *Curr Opin Lipidol* 2007; 18: 157-63.
7. Agirbasli D, Cirakoglu B, Eren F, Sumerkan M, Aksoy S, Aral C, et al. Effects of lecithin: cholesterol acyltransferase genotypes, enzyme levels, and activity on high-density lipoprotein levels. *J Clin Lipidol* 2011; 5: 152-8.
8. Shoji K, Morita H, Ishigaki Y, Rivard CJ, Takayasu M, Nakayama K, et al. Lecithin-cholesterol acyltransferase (LCAT) deficiency without mutations in the coding sequence: a case report and literature review. *Clin Nephrol* 2011; 76: 323-8.
9. Saeedi R, Li M, Frohlich J. A review on lecithin: cholesterol acyltransferase deficiency. *Clin Biochem* 2015; 48: 472-5.
10. von Eckardstein A. Differential diagnosis of familial high density lipoprotein deficiency syndromes. *Atherosclerosis* 2006; 186: 231-9.
11. Kuivenhoven JA, Pritchard H, Hill J, Frohlich J, Assmann G, Kastelein J. The molecular pathology of lecithin: cholesterol acyltransferase (LCAT) deficiency syndromes. *J Lipid Res* 1997; 38: 191-205.
12. The Human Gene Mutation Database [database on the Internet]. Available from: URL: <http://www.hgmd.org/>. cited 2013.
13. Daneshpour MS, Rebai A, Houshmand M, Alfadhli S, Zeinali S, Hedayati M, et al. 8q24.3 and 11q25 chromosomal loci association with low HDL-C in metabolic syndrome. *Eur J Clin Invest* 2011; 41: 1105-12.
14. Azizi F, Rahmani M, Ghanbarian A, Emami H, Salehi P, Mirmiran P, Sarbazi N. Serum lipid levels in an Iranian adults population: Tehran Lipid and Glucose Study. *Eur J Epidemiol* 2003; 18: 311-9.
15. Azizi F, Raiszadeh F, Salehi P, Rahmani M, Emami H, Ghanbarian A, Hajipour R. Determinants of serum HDL-C level in a Tehran urban population: the Tehran Lipid and Glucose Study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2002; 12: 80-9.
16. Naseri M, Hedayati M, Daneshpour MS, Bandarian F, Azizi F. Identification of genetic variants of lecithin cholesterol acyltransferase in individuals with high HDLC levels. *Mol Med Rep* 2014; 10: 496-502.
17. Azizi F, Rahmani M, Majid M, Emami H, Mirmiran P, Hajipour R. Introduction of aims, methodology and structure of Tehran lipid and Glucose study. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism* 2000; 2: 77-86. [Farsi]
18. Willer CJ, Mohlke KL. Finding genes and variants for lipid levels after genome-wide association analysis. *Curr Opin Lipidol* 2012; 23: 98-103.
19. Cohen JC, Kiss RS, Pertsemlidis A, Marcel YL, McPherson R, Hobbs HH. Multiple rare alleles contribute to low plasma levels of HDL cholesterol. *Science* 2004; 305: 869-72.
20. Haase CL, Tybjaerg-Hansen A, Qayyum AA, Schou J, Nordestgaard BG, Frikke-Schmidt R. LCAT, HDL cholesterol and ischemic cardiovascular disease: a Mendelian randomization study of HDL cholesterol in 54,500 individuals. *J Clin Endocrinol Metab* 2012; 97: 248-56.
21. Boes E, Coassin S, Kollerits B, Heid IM, Kronenberg F. Genetic-epidemiological evidence on genes associated with HDL cholesterol levels: a systematic in-depth review. *Exp Gerontol* 2009; 44: 136-60.
22. Bandarian F, Hedayati M, Daneshpour MS, Naseri M, Azizi F. Genetic polymorphisms in the APOA1 gene and their relationship with serum HDL cholesterol levels. *Lipids* 2013; 48: 1207-16.

Original Article

# A Comparison of Lecithin Cholesterol Acyltransferase Gene Variation among Individuals with High and Low HDL Levels in Tehran Lipid and Glucose Study (TLGS)

Naseri M<sup>1</sup>, Hedayati M<sup>2</sup>, Daneshpour M<sup>2</sup>, Bandarian F<sup>3</sup>, Azizi F<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Genomic Research Center, Birjand University of Medical Sciences, <sup>2</sup>Cellular and Molecular Endocrine Research Center, Research Institute for Endocrine Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, <sup>3</sup>Diabetes Research Center, Endocrinology and Metabolism Clinical Sciences Institute, Tehran University of Medical Sciences,

<sup>4</sup>Endocrine Research Center, Research Institute for Endocrine Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, I.R. Iran

e-mail: [azizi@endocrine.ac.ir](mailto:azizi@endocrine.ac.ir)

Received: 21/01/2015 Accepted: 15/07/2015

## Abstract

**Introduction:** Disturbances in blood lipids levels are considered an important risk factor for cardiovascular diseases. Low serum level of HDL-C is one of these disturbances. Therefore, identifying the genes effective on HDL levels is very important. The present study investigated the relationship between LCAT gene sequence alterations and serum levels of HDL-C. **Materials and Methods:** Using the data of phase 4 of the TLGS study, individuals with low serum HDL-C and individuals with high serum HDL-C were identified and individual aged  $\geq 15$  from both groups, who had at least one first degree relative with the desired phenotype were finally enrolled in the study. For each individual confounding factors, including BMI, age, sex, blood sugar and blood pressure, were determined. LCAT gene variants were determined through direct sequencing, and their relationship with HDL-C level was investigated in the Tehran lipid and glucose study (TLGS). **Results:** In total, 15 variants were identified. Two variants of rs5923 and Q177E, with allelic frequencies of 5.87% and 4.7%, respectively, were identified in both groups, although, they were significantly higher in the low HDL subjects. Eleven variants were reported for the first time, while 4 variants had already been reported in the SNP database. **Conclusions:** Exon regions of the LCAT gene in Tehran's population have various gene variants. Although the prevalence of a number of single nucleotide variants of this gene was higher in individuals with low serum HDL-C, after adjustment for confounding factors, the difference was not statistically significant.

**Keywords:** Polymorphism, Single Nucleotide - Lipoprotein - LCAT- Sequence Analysis, DNA