

## ارزیابی وضعیت آنتی‌اکسیدانی و شاخص‌های استرس اکسیداتیو در بیماران مبتلا به دیابت ملیتوس نوع دو

دکتر علیرضا استقامتی<sup>\*</sup>، دکتر اصغر زربان، دکتر محمود دوستی<sup>\*\*</sup>

### چکیده

**مقدمه:** در بیماران مبتلا به دیابت ملیتوس خطر پیشرفت ضایعات عروقی وجود دارد که یکی از عوامل بسیار مهم و مؤثر در ایتوژنی آن را صدمات اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن می‌دانند و تقویت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی در این بیماران می‌تواند تا حدودی مانع از ایجاد و پیشرفت این عوارض گردد. مواد و روش‌ها: در این مطالعه به منظور ارزیابی استرس اکسیداتیو در بیماران دیابتی نوع دو (۳۰ نفر) و مقایسه آن با افراد شاهد (۲۸ نفر) قدرت آنتی‌اکسیدانی تام پلاسمما با روش FRAP. مالون دی آلدئید به عنوان فراوردهٔ نهایی پراکسیداسیون لیپیدها با روش HPLC، گروه‌های کربونیل و گروه‌های تیول به عنوان شاخص‌هایی از اکسیداسیون پروتئین‌ها، ویتامین‌های E، C، و نسبت ویتامین E به کلسترول اندازه‌گیری گردیدند. علاوه بر آن مجموعه‌ای از پارامترهای بیوشیمیایی دیگر نظری قندهخون، هموگلوبین گلیکوزیله، کلسترول، تری‌گلیسیرید، LDL-C، HDL-C، بیلی‌روین و اسیداوریک مورد آزمایش قرار گرفتند. یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که در بیماران دیابتی، میزان مالون دی آلدئید به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدها، نسبت به افراد شاهد افزایش می‌یابد ( $P < 0.05$ ). از بین شاخص‌های اکسیداسیون پروتئین‌ها، تغییر معنی‌داری در میزان گروه‌های کربونیل مشاهده نشد، ولی میزان گروه‌های تیول در بیماران دیابتی کاهش معنی‌داری داشت ( $P < 0.02$ ). مقادیر ویتامین E و C نیز در پلاسمای بیماران دیابتی نسبت به افراد شاهد تغییر چندانی نداشت، اگرچه نسبت ویتامین E به کلسترول تام در این بیماران کاهش نشان می‌داد ( $P < 0.05$ ). قدرت آنتی‌اکسیدان تام پلاسمما در دو گروه تغییر معنی‌داری نداشت. در بین آزمایش‌های بیوشیمیایی انجام شده، سطح گلوکز خون، هموگلوبین گلیکوزیله، کلسترول تام، تری‌گلیسیرید و LDL-C در بیماران دیابتی نوع دو افزایش معنی‌داری داشت و مقدار HDL-C کاهش نشان می‌داد. نتیجه‌گیری: نتایج حاصل بخصوص افزایش پراکسیداسیون لیپیدها ایجاد استرس اکسیداتیو را در بیماری دیابت ملیتوس تأیید می‌کند. بنابراین ارزیابی این وضعیت و اتخاذ شیوه‌های درمانی مناسب در جهت تقویت دفاع آنتی‌اکسیدانی می‌تواند مؤثر باشد.

### واژگان کلیدی: آنتی‌اکسیدان، استرس اکسیداتیو، دیابت ملیتوس نوع دو، FRAP

خطر ایجاد ضایعات عروقی می‌باشد. این ضایعات می‌تواند ماکروواسکولار یا میکروواسکولار باشند. اگرچه عوامل متعددی را در ایجاد و پیشرفت این ضایعات دخیل می‌دانند، ولی امروزه نقش استرس اکسیداتیو<sup>۱</sup> و رادیکال‌های آزاد در پاتوژن این ضایعات بیشتر مورد توجه قرارگرفته است<sup>۲-۳</sup>.

### مقدمه

بیماران مبتلا به دیابت ملیتوس در دراز مدت در معرض

\* مرکز تحقیقات غدد بیمارستان امام خمینی،  
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی – درمانی تهران

\*\* گروه بیوشیمی،  
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی – درمانی تهران

آلدئید<sup>ii</sup> به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون لپیدها، گروههای کربونیل به عنوان شاخصی از اکسیداسیون پروتئینها، گروههای تیول پلاسمما، آلفا توکوفرول و ویتامین C استفاده گردید.

## مواد و روش‌ها

**جامعه مورد مطالعه:** در این مطالعه که بصورت مورد-شاهدی انجام شده است، تعداد ۳۰ نفر (۱۶ مرد و ۱۴ زن) از بیماران مبتلا به دیابت ملیتوس نوع دو معروف شده از سوی درمانگاه غدد بیمارستان امام خمینی با میانگین سنی  $\pm 1/46$  سال و دوره بیماری  $9/8 \pm 1/33$  سال به عنوان گروه مورد انتخاب گردیدند. همچنین تعداد ۲۸ نفر (۱۵ مرد و ۱۳ زن) از افراد سالم با میانگین سنی  $48/75 \pm 1/46$  سال به عنوان گروه شاهد انتخاب شدند.

**روش انجام پژوهش:** نمونه خون صحبگاهی در شرایط ناشتا (۱۲ ساعت) و با ضد انعقاد EDTA (۱/۵ میلی گرم در میلی لیتر) تهیه شد و بلا فاصله پلاسمای آن جدا گردید، برخی از پارامترها مانند ویتامین C بسرعت مورد آزمایش قرار گرفت، ولی جهت انجام پارامترهای دیگر، نمونه پلاسمای در شرایط -۲۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش کمتر از ۲ ماه نگهداری شد. تمامی معرفه‌های شیمیایی مورد نیاز و روش‌های اختصاصی ارزیابی استرس اکسیداتیو از نوع با درجه خلوص بالا و از شرکت‌های مرک و فلوكا<sup>iii</sup> تهیه شدند.

برای اندازه‌گیری پارامترهای معمولی بیوشیمیایی مانند، گلوكز، کلسترول، HDL-C، بیلی روبین، اسیداوریک و پروتئین تام از کیت‌های شرکت پارس آزمون (ایران) استفاده گردید و LDL براساس فرمول فریدوالد محاسبه شد. همچنین جهت ارزیابی HbA1c از روش کالریمتری استفاده شد.

برای اندازه‌گیری قدرت آنتی اکسیدان تام پلاسمما از روش FRAP<sup>iv</sup> (ضریب تغییرات برون سنجش<sup>v</sup> و درون سنجش<sup>vi</sup> بترتیب  $3/2\%$  و  $1/8\%$ ) که توسط بنزیک و همکاران

استرس اکسیداتیو درنتیجه عدم تعادل بین تولید رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن از یک سو و سیستم دفاع آنتی اکسیدانی از سوی دیگر ایجاد می‌شود. به عبارت دیگر درسیستم‌های بیولوژیک هوایی به منظور مقابله با رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن، مکانیسم‌های دفاع آنتی اکسیدانی طراحی شده است تا اثرات زیانبار این عوامل مهاجم را خنثی نموده، یا به حداقل برساند. برخی از اجزای این سیستم دفاعی نظیر آنزیمهای سوپراکسید دسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز، همچنین اسید اوریک، بیلی روبین و مولکول‌های دارای گروه تیول در داخل بدن ساخته می‌شوند، ولی برخی دیگر نظیر ویتامین E یا آلفا توکوفرول، ویتامین C و بتا کاروتین، باید از طریق رژیم غذایی تأمین گردند. در حالت استرس اکسیداتیو، بسیاری از ماکرومولکول‌ها آسیب می‌بینند و فرایند پراکسیداسیون لپیدها، اکسیداسیون DNA، اکسیداسیون پروتئینها، غیر فعال شدن آنزیمهای و اختلال عملکرد غشاها مختلف اتفاق می‌افتد.<sup>۴,۵</sup>

شواهد موجود نشان می‌دهد که استرس اکسیداتیو در پاتوژن‌ریزی از یکصد بیماری از جمله دیابت ملیتوس دخالت دارد.<sup>۶</sup> در این زمینه ساز و کارهای مختلفی پیشنهاد شده است که افزایش تولید رادیکال‌های آزاد درنتیجه اتوکسیداسیون گلوكزن، فعال شدن راه پلی‌آل<sup>۷</sup> و تشکیل پروتئین‌های گلیکوزیله از مهمترین آنها می‌باشد. علاوه بر آن کاهش فعالیت یا مقدار برخی از آنتی اکسیدان‌ها نیز می‌تواند در تشید این حالت مؤثر باشد.<sup>۷</sup>

در حال حاضر شاخص مطلق و تعریف شده‌ای برای استرس اکسیداتیو وجود ندارد، ولی شاخص‌های زیادی وجود دارند، که می‌توانند تا حدودی نشان دهنده این وضعیت باشند.

اندازه‌گیری آنتی اکسیدان‌ها به طور کل یا هر یک به تنها و همچنین ارزیابی مولکول‌های بیولوژیکی اکسید شده و صدمه دیده از مهمترین این روش‌ها می‌باشد که امروزه کاربرد بسیار زیادی پیدا کرده‌اند.<sup>۸</sup>

در مطالعه حاضر، وضعیت استرس اکسیداتیو در تعدادی از بیماران مبتلا به دیابت نوع دو در مقایسه با گروه شاهد مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور شاخص‌های مختلفی مانند قدرت آنتی اکسیدان تام پلاسمما، مالون دی

ii- Malondialdehyde (MDA)

iii- Merck and Fluka

iv- Ferric reducing ability of plasma (FRAP)

v- Between-run assay

vi- Within-run assay

i- Polyol pathway

جدول ۱-نتایج مربوط به شاخصهای دموگرافیک و آزمایش‌های معمولی بیوشیمیایی در دو گروه افراد دیابتی و افراد شاهد

P Value	افراد شاهد (n = ۲۸)	افراد دیابتی (n = ۳۰)	متغیر
.۰/۹۸	۱۵/۱۲	۱۶/۱۴	جنس ( مؤنث به مذکور )
.۰/۳	۴۸/۸±۱/۵	۵۱/۳±۱/۵*	سن (سال)
-	-	۹/۸±۱/۳	دوره بیماری (سال)
-	-	۹/۴±۰/۲	هموگلوبین گلیکوزیله (%)
.۰/۰۰۰	۷۶/۲±۲/۶	۱۸۸/۱±۱۱/۲	گلوکز خون (میلی گرم در دسی لیتر)
.۰/۰۰۰	۱۶۸/۴±۵/۵	۲۱۰/۶±۹/۰	کلسترول (میلی گرم در دسی لیتر)
.۰/۰۰۰	۹۲/۵±۷/۱	۱۹۰/۳±۱۶/۵	تری گلیسرید (میلی گرم در دسی لیتر)
.۰/۰۰۰	۵۲/۱±۲/۱	۳۴/۴±۱/۴	HDL-C (میلی گرم در دسی لیتر)
.۰/۰۰۰	۹۷/۴±۴/۷	۱۳۶/۷±۳۹/۰	LDL-C (میلی گرم در دسی لیتر)
.۰/۰۸۹	۴/۵±۰/۲	۴/۰±۰/۲	اسید اوریک (میلی گرم در دسی لیتر)
.۰/۱۶	۰/۷۰±۰/۰۴	۰/۶۲±۰/۰۴	بیلی روبین تام (میلی گرم در دسی لیتر)

\* نتایج بصورت Mean±S.E.M بیان شده‌اند.

ستون کروماتوگرافی از نوع Sphreisorb ODS ۵ میکرونی مجموعه MDA-TBA جدا سازی شده و سپس مورد ارزیابی و آنالیز قرار گرفت.

به منظور اندازه‌گیری گروه‌های کربونیل پلاسمای از روش ارایه شده توسط لوین و همکارانش (ضریب تغییرات برون سنجش و درون سنجش بترتیب ۷٪ و ۶٪) استفاده گردید.<sup>۱۱</sup> در این روش معرف ۲ و ۴ دی‌نیتروفنیل‌هیدرازین با گروه‌های کربونیل موجود در پروتئین‌ها ایجاد باز شیف می‌نماید و کمپاکس زرد رنگ ایجاد می‌کند که شدت رنگ حاصله بصورت اسپکتروفتومتریک و در طول موج ۳۸۰ نانومتر قابل اندازه‌گیری است.

گروه‌های تیول موجود در پلاسمای نیز به عنوان شاخص دیگری از وضعیت استرس اکسیداتیو مورد ارزیابی قرار گرفتند.

گروه‌های تیول پلاسمای (-SH) نسبت به صدمات اکسیداتیو حساس هستند و کاهش آنها نشانه مهمی از استرس اکسیداتیو است. برای اندازه‌گیری گروه‌های تیول از ۲۰ دی‌تیوبیس نیتروبنزوئیک اسید (DTNB) که به معرف

ارایه شده، استفاده گردید.<sup>۹</sup> به طور خلاصه، در این روش توانایی پلاسمای احیای یون‌های فریک (Fe<sup>3+</sup>) (اندازه‌گیری می‌شود. با احیای یون‌های فریک و تبدیل آن به یون‌های فرو (Fe<sup>2+</sup>) در pH اسیدی و با حضور معرف‌های اختصاصی، کمپاکس آبی رنگی ایجاد می‌شود که در طول موج ۵۹۳ نانومتر و بصورت اسپکتروفتومتریک قابل اندازه‌گیری است. این واکنش غیر اختصاصی است و هر مولکولی که در شرایط فوق قابلیت احیای یون فریک را داشته باشد، در این واکنش شرکت می‌نماید.

جهت ارزیابی میزان پراکسیداسیون لیپیدها، مولکول مالون دی آلدئید (MDA) به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدها و بر اساس روش چیر کو (ضریب تغییرات برون سنجش و درون سنجش بترتیب ۷/۴٪ و ۵/۸٪) با تکنیک HPLC آنالیز شد.<sup>۱۰</sup> مولکول‌های MDA در شرایط اسیدی و دمای بالا با تیوباریتوريک اسید (TBA) واکنش داده و مجموعه‌ای (2 MDA-TBA) با رنگ ارغوانی تشکیل می‌دهد که شدت رنگ در طول موج ۵۳۲ نانومتر قابل اندازه‌گیری است. اگرچه به دلیل تداخلاتی که وجود دارد، ابتدا با استفاده از سیستم HPLC (مدل Waters-600E) و

**جدول ۲- نتایج مربوط به آزمایش‌های اختصاصی مربوط به ارزیابی استرس اکسیداتیو در دو گروه افراد دیابتی و افراد شاهد**

P Value	افراد شاهد	افراد دیابتی	متغیر
۰/۱۲	۶۸۲/۸۲±۱۵/۳	۶۴۲/۵±۲۰/۷*	(میکرومول در لیتر) FRAP
۰/۰۰۵	۰/۳۲±۰/۰۳	۰/۴۶±۰/۰۴	پراکسیداسیون لیپیدها (میکرومول در لیتر)
۰/۳۵	۱/۰±۰/۱	۱/۱±۰/۱	اکسیداسیون پروتئین‌ها (نانومول در میلی‌گرم پروتئین)
۰/۰۲	۴۳۶/۲±۹/۴	۴۰۷/۰±۸/۰	گروه‌های تیول (میلی‌مول در لیتر)
۰/۸۱	۴۶/۴±۱/۶	۴۵/۷±۲/۰	ویتامین E (میکرومول در لیتر)
۰/۰۰۱	۰/۲۷±۰/۰۱	۰/۲۲±۰/۰۱	نسبت ویتامین E به کلسترول
۰/۵۲	۰/۹۵±۰/۰۴	۱/۰۰±۰/۰۵	ویتامین C (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)

\* نتایج بصورت Mean±S.E.M بیان شده‌اند.

افراد شاهد در جدول (۱) نشان داده شده است. در گروه بیماران دیابتی نسبت زن به مرد ۱۶/۱۴ (۵۳/۳٪) و در گروه شاهد این نسبت بصورت ۱۵/۱۶ (۵۳/۶٪) می‌باشد. از نظر سن نیز دو گروه با یکدیگر متنطبق<sup>iv</sup> می‌باشند. از بین آزمایش‌های معمولی بیوشیمیایی، سطح گلوکن، کلسترول تام، LDL-C و تری‌گلیسرید در گروه بیماران دیابتی نسبت به گروه شاهد افزایش معنی دار نشان می‌دهد. ولی HDL-C نسبت به گروه شاهد دارای کاهش است. اگر چه در بین دو گروه مقدار اسیداوریک و بیلریوبین تقاضت معنی داری ندارد. نتایج مربوط به آزمایش‌های اختصاصی ارزیابی استرس اکسیداتیو در جدول (۲) نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود قدرت آنتی‌اکسیدان تام پلاسمما که با روش FRAP اندازه‌گیری شده است، علیرغم کاهش در گروه بیماران دیابتی، از نظر آماری معنی دار نمی‌باشد، اگرچه مقدار MDA به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدها در گروه بیماران دیابتی نسبت به گروه شاهد افزایش یافته است ( $۰/۰۴\pm۰/۶۴$  میکرومول در افراد دیابتی در مقابل  $۰/۰۲\pm۰/۳۲$  میکرومول در افراد شاهد) که این افزایش از نظر آماری دارای ارزش است ( $P<0/05$ )<sup>v</sup>. در نمودار (۱) قله‌های (پیک‌های) حاصل از تزریق نمونه‌های استاندارد و یک نمونه مربوط به افراد مورد مطالعه با سیستم HPLC نشان داده شده است. همان طور

المن<sup>۱</sup> (ضریب تغییرات برون سنجش و درون سنجش بترتیب ۴/۰٪ و ۲/۰٪) مشهور است، استفاده گردید. گروه‌های تیول با احیای این معرف، کلپکس زرد رنگ ایجاد می‌نمایند که در طول موج ۴۲۱ نانومتر قابل اندازه‌گیری است.<sup>۶</sup>

ویتامین E یا آلفاتوکوفرول با روش HPLC و بر اساس روش ارایه شده توسط آرنولد و همکارانش (ضریب تغییرات برون سنجش و درون سنجش به ترتیب ۵/۶٪ و ۵/۰٪) اندازه‌گیری شد.<sup>۷</sup>

ویتامین C نیز با استفاده از ۴/۰ دی‌نیتروفنیل‌هیدرازین و بر اساس روش استانداری مورد آنالیز قرار گرفت.<sup>۸</sup>

علاوه بر آزمایش‌های انجام شده فوق، نسبت ویتامین E به کلسترول محاسبه گردید و مورد بررسی قرار گرفت. روش‌های آماری: جهت مطالعات آماری از نرم افزار SPSS ویرایش ۹ استفاده شد. نتایج بصورت میانگین و خطای استاندارد از میانگین (SEM)<sup>ii</sup> بیان شده است. همچنین برای مقایسه دو گروه با یکدیگر نیز از آزمون t نمونه‌های مستقل<sup>iii</sup> استفاده گردید. نتایج با مقدار P کمتر از ۰/۰۵ به عنوان نتایج معنی دار تلقی گردیدند.

## یافته‌ها

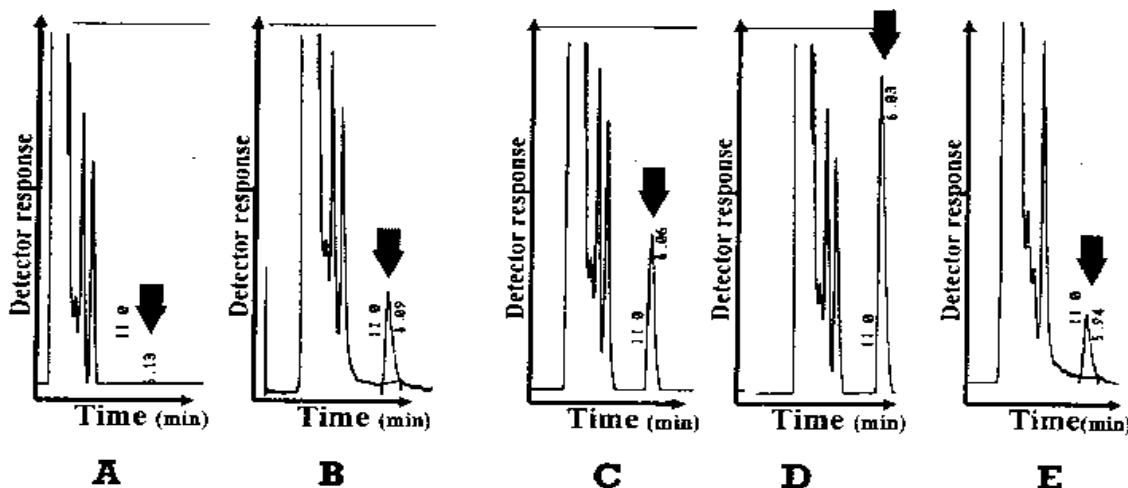
نتایج مربوط به شاخص‌های دموگرافیک و آزمایش‌های معمولی بیوشیمیایی در دو گروه بیماران مبتلا به دیابت و

i- Ellman

ii- Standardized error of mean

iii- Unpaired-t student test

iv- Matched



نمودار ۱- قلهای مربوط به کمپلکس HPLC که با روش MDA-TBA جداسازی و اندازهگیری شده است.

A: نمونه استاندارد با غلظت  $MDA=0 \mu M$  با غلظت :

C: نمونه استاندارد با غلظت  $MDA=3 \mu M$  با غلظت:

E: نمونه مربوط به افراد مطالعه

اندازهگیری MDA به عنوان شاخصی برای پراکسیداسیون لیپیدها با روش HPLC که به عنوان یک روش استاندارد مطرح است، این موضوع را تأیید نموده است.

نتایج این مطالعه حاکی از افزایش MDA در نتیجه افزایش پراکسیداسیون لیپیدها در گروه بیماران مبتلا به دیابت است. این نتایج مطابق با یافته‌هایی است که از سایر مطالعات بدست آمده است.<sup>۱۵-۱۷</sup> اگرچه در بسیاری از این مطالعات، نحوه اندازهگیری پراکسیداسیون لیپیدها بصورت غیر اختصاصی و با استفاده از روش‌های اسپکتروفوتومتری و فلئورومتری صورت گرفته است.

برای اندازهگیری ظرفیت آنتی اکسیدان تام پلاسمای از روش FRAP استفاده شد. نتایج حاصل از این روش نشان می‌دهد که قدرت آنتی اکسیدان تام پلاسمای کاهش یافته است، اما این کاهش از نظر آماری معنی دار می‌باشد که دلیل آن را می‌توان دخالت عوامل متعددی همچون تأثیر اسید اوریک بر نتایج این آزمایش ذکر کرد. در انسان با توجه به غلظت بالای اسید اوریک، حدود ۶۰٪ از قدرت آنتی اکسیدان تام پلاسما به این مولکول بستگی دارد، بنابراین تغییرات سطح اسید اوریک می‌تواند بر سطح FRAP تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. در مطالعه‌ای که توسط نگارنده بصورت تجربی بر روی موش‌های صحرایی مبتلا به دیابت انجام شد، قدرت

MDA-TBA2 که ملاحظه می‌شود، قله مربوط به کمپلکس ۲ پس از حدود ۵ دقیقه ایجاد می‌گردد.

سطح گروههای کربونیل به عنوان شاخصی از اکسیداسیون پروتئین‌ها در دو گروه تغییر معنی‌داری نداشت، اگرچه میزان گروههای تیول، به عنوان شاخص دیگری از استرس اکسیداتیو، در گروه بیماران دیابتی به طور با ارزشی کاهش یافته بود ( $8/04 \pm 4/07$  میلی‌مول در لیتر در گروه بیماران در مقابل  $9/4 \pm 4/36$  میلی‌لیتر در افراد شاهد). ( $P < 0/02$ ).

نتایج حاصل از اندازهگیری آلفا توکوفرل و ویتامین C نشان می‌دهد که سطح این دو در دو گروه مورد مطالعه تغییر معنی‌داری نداشته است، ولی چنانچه نسبت آلفا توکوفرل به کلسترول محاسبه شود، این اختلاف معنی دار خواهد بود ( $0/01 \pm 0/22$  در مقابل  $0/05 \pm 0/27$ ). ( $P < 0/05$ ).

## بحث

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در بیماران مبتلا به دیابت در نتیجه افزایش سطح گلوگز خون و اختلافات متابولیسمی مربوط به آن، حالت استرس اکسیداتیو ایجاد می‌شود. آزمایش‌های اختصاصی انجام شده مانند

دیگری که نشان دهنده وجود اختلال در تعادل ویتامین E بدن است، نسبت این ویتامین به کلسترول پلاسمای باشد. با توجه به اینکه ویتامین E به عنوان اولین خط دفاعی اجزای لیپیدی سلول در برابر عوامل مهاجم بکار می‌رود، طبیعتاً به هنگام افزایش مقدار این لیپیدها نیاز به ویتامین E نیز بیشتر می‌گردد. بدین جهت، اندازه‌گیری نسبت ویتامین E به کلسترول و دیگر لیپیدها می‌تواند بسیار کمک کننده باشد.

در مطالعه حاضر نسبت ویتامین E به کلسترول به طور معنی‌داری در بیماران دیابتی نسبت به افراد شاهد کاهش یافته است که دلیل عدم آن افزایش لیپیدهای پلاسمای از جمله کلسترول و تری‌گلیسرید در بیماران دیابتی می‌باشد. با توجه به وجود استرس اکسیداتیو در بیماران دیابتی و تولید بیشتر رادیکال‌های آزاد و از طرفی افزایش سطح لیپیدها، نیاز به آنتی‌اکسیدان‌ها - بخصوص آلفا-توكوفرول - افزایش می‌یابد.

ساز و کار (مکانیسم) بسیار متنوعی را در خصوص ایجاد استرس اکسیداتیو در بیماری دیابت ملیتوس ذکر می‌کنند که اتوکسیداسیون قندها یکی از موارد مهم آن است. ترکیباتی با ساختمان آلفا - هیدروکسی آلدئیدی (مثل گلوكز) می‌توانند به فرم انولی درآمده، با احیای عناصر واسطه‌ای و سپس اکسیژن باعث تولید رادیکال‌های آزاد گردند.

اولین رادیکالی که ایجاد می‌شود، رادیکال سوپراکسید است و توسط آنزیم سوپراکسید دسموتاز، تولید  $H_2O_2$  می‌نماید و این گونه فعال در حضور عناصر واسطه‌ای می‌تواند رادیکال هیدروکسیل تولید نماید که فوق العاده خطرناک و مهاجم است.<sup>۲۱</sup> همچنین در هنگام افزایش گلوكز خون با اتصال قند به پروتئین‌ها، ترکیباتی تولید می‌شود که در تولید رادیکال‌های آزاد نقش دارند. تولید رادیکال سوپراکسید در حین انجام این واکنش نشان داده شده است.<sup>۲۲</sup> علاوه بر موارد فوق کاهش سطح گلوتاتیون احیا در نتیجه اختلال در میزان تولید NADPH که به دنبال فعال شدن راه پلی‌ال اتفاق می‌افتد، می‌تواند برباز سازی ویتامین‌های C و E در نتیجه کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدان سیستم مؤثر باشد.<sup>۲۳</sup>

بنابراین به نظر می‌رسد در بیماری دیابت، استرس اکسیداتیو ایجاد شده بیشتر به دلیل تولید بیش از حد رادیکال‌های آزاد می‌باشد و البته کاهش سطح آنتی‌اکسیدان‌ها (چنانچه اتفاق بیفت) به دلیل مصرف آنها در

آنtri اکسیدان تام پلاسمای محاسبه شده با روش FRAP در گروه دیابتی نسبت به گروه شاهد معنی‌دار بود که دلیل آن می‌تواند سطح بسیار پایین اسید اوریک در موش صحرابی و همچنین شرایط کنترل شده خاص مطالعات تجربی باشد.<sup>۲۴</sup>

بر اساس دانسته‌های مطالعات مختلفی انجام شده است که از روش‌های دیگری غیر از روش FRAP برای تعیین قدرت آنتی‌اکسیدان پلاسمای استقاده نموده‌اند و در برخی از این مطالعات سطح قدرت آنتی‌اکسیدان تام پلاسمای در افراد دیابتی کاهش داشت.<sup>۱۵۱۹۲۰</sup>

در این مطالعه سطح گروههای تیول بیماران مبتلا به دیابت نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌داری داشت. در مطالعه دیگری نیز که بر روی بیماران دیابتی انجام شد، نشان داده شد که سطح گروههای تیول کاهش یافته است.<sup>۱۵۱۶</sup> در این روش تمامی گروههای تیول، شامل گروههای موجود بر سطح پروتئین‌ها، یا گروههای مربوط به مولکول‌های کوچکتر، اندازه‌گیری می‌شود، ولی به دلیل غلظت بالای پروتئین‌ها، بخش عمده این گروه‌ها مربوط به پروتئین‌ها می‌باشد. اندازه‌گیری گروههای تیول می‌تواند شاخص بسیار خوبی از وضعیت تأثیر استرس اکسیداتیو بر روی پروتئین‌ها باشد. مطالعات نشان داده است که رادیکال‌های هیدروکسیل و متابولیت‌های رادیکال نیتریک اکسید - مانند پروکسی نیتریت - قادرند با گروههای تیول واکنش داده و آنها را خنثی نمایند. البته به نظر می‌رسد گروههای تیول مربوط به مولکول‌های کوچک نظیر گلوتاتیون به طور مؤثری در این واکنش‌ها شرکت نمایند.<sup>۲۱</sup>

در میزان گروههای کربونیل جهت ارزیابی اکسیداسیون پروتئین‌ها، تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد که دلیل آن را می‌توان وابسته بودن ایجاد گروههای کربونیل به عناصر واسطه‌ای ذکر کرد. احتمال آزاد بودن عناصر (عناصری که براحتی در تبادلات الکترونی شرکت می‌کنند مانند  $Cu^{2+}$ - $Cu^{+}$  و  $Fe^{2+}$ - $Fe^{+}$ ) و در سیستم گردش خون تأثیر آن بر ساختمان پروتئین‌ها و ایجاد گروههای کربونیل بسیار کم است.<sup>۲۲</sup>

غلظت آنتی‌اکسیدان‌های اگزوژن و آندوژن در بین دو گروه تغییر معنی‌داری نداشت. به عنوان مثال تغییر معنی‌داری در مقدار ویتامین C و E در بیماران دیابتی نسبت به گروه شاهد وجود نداشت. اگر چه در تعدادی از مطالعات انجام شده نشان داده شد که در بیماران دیابتی سطح برخی از این آنتی‌اکسیدان‌ها کاهش یافته است.<sup>۱۵۱۷</sup> اما شاخص

## سپاسگزاری

از مدیریت و کارشناسان محترم بخش بیوشیمی  
دانشکده پزشکی، بخش غدد بیمارستان امام خمینی و بخش  
فیزیولوژی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات  
بهداشتی - درمانی تهران تشکر و قدردانی می‌گردد.

جريدة فرایند استرس اکسیداتیو خواهد بود. با توجه به این موضوع باید وضعیت بیماران دیابتی را از نظر استرس اکسیداتیو مورد توجه قرار داد و در صورت نیاز از مکمل‌های ویتامین C ویتامین E و سایر آنتی اکسیدان‌ها استفاده کرد.

## References

1. Baynes JW. Role of oxidative stress in development of complications in diabetes. *Diabetes* 1991; 40:405-12.
2. Keaney JF Jr, Loscalzo J. Diabetes, oxidative stress, and platelet activation. *Circulation* 1999; 99:189-91
3. West IC. Radicals and oxidative stress in diabetes. *Diabet Med* 2000; 17:171-80.
4. Predy VR, Reilly ME, Mantle O, Peters TJ. Oxidative damage in liver diseases. *JIFCC*. 1998; 10:16-19.
5. Harman D. Aging and oxidative stress *JIFCC* 1999; 1:24-27.
6. Pincemail J. Free radicals and antioxidants in human disease. In: Analysis of free radicals in biological systems. Birkhauser verlag; 1995. 83-98.
7. Ceriello A. Acute hyperglycaemia and oxidative stress generation. *Diabet Med* 1997; 14:S45-9.
8. Rumley AG, Paterson JR. Analytical aspects of antioxidants and free radical activity in clinical biochemistry. *Ann Clin Biochem* 1998; 181-200.
9. Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidantpower": the FRAP assay. *Anal Biochem* 1996; 239:70-6.
10. Chirico S. High-performance liquid chromatography-based thiobarbituric acid tests. *Methods Enzymol* 1994; 233:314-8.
11. Levine RL, Garland D, Oliver CN, Amici A, Climent I, Lenz AG, Ahn BW, Shaltiel S, Stadtman ER. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods Enzymol* 1990; 186:464-78
12. Hu ML. Measurement of protein thiol groups and glutathione in plasma. *Methods Enzymol* 1994; 233:380-5.
13. Arnaud J, Fortis I, Blachier S, Kia D, Favier A. Simultaneous determination of retinol, alpha-tocopherol and beta-carotene in serum by isocratic high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr* 1991; 572:103-16.
14. Omaye ST, Turnbull JD, Sauberlich HE. Selected methods for the determination of ascorbic acid in animal cells, tissues, and fluids. *Methods Enzymol* 1979; 62:3-11
15. Ceriello A, Bortolotti N, Motz E, Crescentini A, Lizzio S, Russo A, Tonutti L, Taboga C. Meal-generated oxidative stress in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care* 1998; 21:1529-33.
16. Ceriello A, Bortolotti N, Falletti E, Taboga C, Tonutti L, Crescentini A, Motz E, Lizzio S, Russo A, Bartoli E. Total radical-trapping antioxidant parameter in NIDDM patients. *Diabetes Care* 1997; 20:194-7.
17. Altomare E, Vendemiale G, Chicco D, Procacci V, Cirelli F. Increased lipid peroxidation in type 2 poorly controlled diabetic patients. *Diabete Metab* 1992; 18:264-71.
18. Zarban A, Doosti M, Esteghamati A, Allameh A. Evaluation of antioxidant status in streptozotocin-induced diabetic rats by ferric reducing ability of plasma assay *Acta Med Iranc*; 38:127-131.
19. Vijayalingam S, Parthiban A, Shanmugasundaram KR, Mohan V. Abnormal antioxidant status in impaired glucose tolerance and non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Diabet Med* 1996; 13:715-9.
20. Haffner SM, Agil A, Mykkanen L, Stern MP, Jialal I. Plasma oxidizability in subjects with normal glucose tolerance, impaired glucosetolerance, and NIDDM. *Diabetes Care* 1995; 18:646-53
21. Coudray C, Roussel AM, Arnaud J, Favier A. Selenium and antioxidant vitamin and lipidperoxidation levels in preagingFrench population. *EVA Study Group*. *Edude de vieillissement arteriel*. *Biol Trace Elel Res* 1997; 57.
22. Yan LJ, Traber MG, Packer L. Spectrophotometric method for determination of carbonyls in oxidatively modified apolipoprotein B of human low-density lipoproteins. *Anal Biochem* 1995; 228:349-51.
23. Wolff SP, Dean RT. Glucose autoxidation and protein modification. The potential role of autoxidative glycosylation in diabetes. *Biochem J* 1987; 245:243-50.
24. Mullarkey CJ, Edelstein D, Brownlee M. Free radical generation by early glycation products: a mechanism for accelerated atherogenesis in diabetes. *Biochem Biophys Res Commun* 1990; 173:932-9
25. Flohé L, Gunzler WA. Assays of glutathione peroxidase. *Methods Enzymol* 1984; 105:114-21.