

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

دکتر علیرضا استقامتی*، دکتر اصغر زربان، دکتر محمود دوستی**

چکیده

مقدمه: در بیماران مبتلا به دیابت ملیتوس خطر پیشرفت ضایعات عروقی وجود دارد که یکی از عوامل بسیار مهم و مؤثر در اتیولوژی 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 پلاسما با روش FRAP، مالون دی‌آلدئید به عنوان فرآورده 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 نظیر قندخون، هموگلوبین گلیکوزیله، کلسترول، تری‌گلیسیرید، HDL-C، LDL-C، بیلی‌روبین و اسیداوریک مورد آزمایش قرار گرفتند. یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که در بیماران دیابتی، میزان مالون دی‌آلدئید به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدها، نسبت به افراد شاهد افزایش می‌یابد ($P < 0/005$). 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 پلاسما 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

مقدمه

خطر ایجاد ضایعات عروقی می‌باشند. این ضایعات می‌تواند ماکرووواسکولار یا میکرووواسکولار باشند. اگرچه عوامل متعددی را در ایجاد و پیشرفت این ضایعات دخیل می‌دانند، ولی امروزه نقش استرس اکسیداتیو^۱ و رادیکال‌های آزاد در پاتوژن این ضایعات بیشتر مورد توجه قرار گرفته است^{۲-۳}

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

آلدئیدⁱⁱ به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدها، گروه‌های کربونیل به عنوان شاخصی از اکسیداسیون پروتئین‌ها، گروه‌های تیول پلازما، آلفا توکوفرول و ویتامین C استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

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

روش انجام پژوهش: نمونه خون صبحگاهی در شرایط ناشتا (۱۲ ساعت) و با ضد انعقاد EDTA (۱/۵ میلی گرم در میلی لیتر) تهیه شد و بلافاصله پلاسمای آن جدا گردید، برخی از پارامترها مانند ویتامین C بسرعت مورد آزمایش قرار گرفت، ولی جهت انجام پارامترهای دیگر، نمونه پلازما در شرایط 20°C - درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش (کمتر از ۲ ماه) نگهداری شد. تمامی معرف‌های شیمیایی مورد نیاز و روش‌های اختصاصی ارزیابی استرس اکسیداتیو از نوع با درجه خلوص بالا و از شرکت‌های مرک و فلوکاⁱⁱⁱ تهیه شدند.

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

برای اندازه‌گیری قدرت آنتی اکسیدان تام پلازما از روش FRAP^{iv} (ضریب تغییرات برون سنجش^v و درون سنجش^{vi} بترتیب $3/3\%$ و $1/8\%$) که توسط بنزیک و همکاران

استرس اکسیداتیو در نتیجه 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 در سیستم‌های بیولوژیک هوازی 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، گلوکاتایون 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 کاروتن، باید از طریق رژیم غذایی تأمین گردند. در حالت استرس اکسیداتیو، بسیاری از ماکرومولکول‌ها آسیب می‌بینند و فرایند پراکسیداسیون لیپیدها، اکسیداسیون DNA، اکسیداسیون پروتئین‌ها، غیر فعال شدن آنزیم‌ها و اختلال عملکرد غشاهای مختلف اتفاق می‌افتد.^{۴۵}

شواهد موجود نشان می‌دهد که استرس اکسیداتیو در پاتوژنر بیش از یکصد بیماری از جمله دیابت ملیتوس دخالت دارد.^۶ در این زمینه ساز و کارهای مختلفی پیشنهاد شده است که افزایش تولید رادیکال‌های آزاد در نتیجه اتواکسیداسیون گلوکز، فعال شدن راه پلی‌ال^۱ و تشکیل پروتئین‌های گلیکوزیله از مهمترین آنها می‌باشد. علاوه بر آن کاهش فعالیت یا مقدار برخی از آنتی اکسیدان‌ها نیز می‌تواند در تشدید این حالت مؤثر باشد.^۷

درحال 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 تنهایی و همچنین ارزیابی مولکول‌های بیولوژیکی اکسید شده و صدمه دیده از مهمترین این روش‌ها می‌باشند که امروزه کاربرد بسیار زیادی پیدا کرده‌اند.^۸

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 پلازما، 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

متغیر	افراد دیابتی (n = ۳۰)	افراد شاهد (n = ۲۸)	P Value
جنس (مؤنث به مذکر)	۱۶/۱۳	۱۵/۱۳	۰/۹۸
سن (سال)	۵۱/۳ ± ۱/۵*	۴۸/۸ ± ۱/۵	۰/۳
دوره بیماری (سال)	۹/۸ ± ۱/۳	-	-
هموگلوبین گلیکوزیله (%)	۹/۴ ± ۰/۲	-	-
گلوکز خون (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۸۸/۱ ± ۱۱/۲	۷۶/۲ ± ۲/۶	۰/۰۰۰
کلسترول (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۲۱۰/۶ ± ۹/۰	۱۶۸/۴ ± ۵/۵	۰/۰۰۰
تری‌گلیسیرید (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۹۰/۳ ± ۱۶/۵	۹۳/۵ ± ۷/۱	۰/۰۰۰
HDL- C (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۳۴/۴ ± ۱/۴	۵۲/۱ ± ۲/۱	۰/۰۰۰
LDL- C (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۳۶/۷ ± ۲۹/۰	۹۷/۴ ± ۴/۷	۰/۰۰۰
اسیداوریک (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۴/۰ ± ۰/۲	۴/۵ ± ۰/۲	۰/۰۸۹
بیلی‌روبین تام (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۰/۶۲ ± ۰/۴۰	۰/۷۰ ± ۰/۰۴	۰/۱۶

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

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

به منظور اندازه‌گیری گروه‌های کربونیل پلاسما از روش رایج شده توسط لوین و همکارانش (ضریب تغییرات برون سنجش و درون سنجش بترتیب ۷٪ و ۶٪) استفاده گردید.^{۱۱} در این روش معرف ۲ و ۴ دی‌نیترو فنیل هیدرازین با گروه‌های کربونیل موجود در پروتئین‌ها ایجاد باز شیف می‌نماید و کمپلکس زرد رنگ ایجاد می‌کند که شدت رنگ حاصله بصورت اسپکتروفوتومتریک و در طول موج ۳۸۰ نانومتر قابل اندازه‌گیری است.

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

گروه‌های تیول پلاسما (SH-) نسبت به صدمات اکسیداتیو حساس هستند و کاهش آنها نشانه مهمی از استرس اکسیداتیو است. برای اندازه‌گیری گروه‌های تیول از ۲،۲-دی‌تیوبیس نیترو بنزوئیک اسید (DTNB) که به معرف

ارایه شده، استفاده گردید.^۹ به طور خلاصه، در این روش توانایی پلاسما در احیای یون‌های فریک (Fe^{3+}) اندازه‌گیری می‌شود. با احیای یون‌های فریک و تبدیل آن به یون‌های فرو (Fe^{2+}) در PH اسیدی و با حضور معرف‌های اختصاصی، کمپلکس آبی رنگی ایجاد می‌شود که در طول موج ۵۹۳ نانومتر و بصورت اسپکتروفوتومتریک 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.^{۱۰} مولکول‌های MDA در شرایط اسیدی و دمای بالا با تیوبار بی‌توریک اسید (TBA) واکنش داده و مجموعه‌ای (MDA-TBA 2) 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

متغیر	افراد دیابتی	افراد شاهد	P Value
FRAP (میکرومول در لیتر)	۶۴۲/۵±۲۰/۷*	۶۸۳/۸۲±۱۵/۳	۰/۱۲
پراکسیداسیون لیپیدها (میکرومول در لیتر)	۰/۴۶±۰/۰۴	۰/۳۲±۰/۰۳	۰/۰۰۵
اکسیداسیون پروتئین‌ها (نانومول در میلی‌گرم پروتئین)	۱/۱±۰/۱	۱/۰±۰/۱	۰/۳۵
گروه‌های تیول (میلی‌مول در لیتر)	۴۰۷/۰±۸/۰	۴۳۶/۲±۹/۴	۰/۰۲
ویتامین E (میکرومول در لیتر)	۴۵/۷±۲/۰	۴۶/۴±۱/۶	۰/۸۱
نسبت ویتامین E به کلسترول	۰/۲۲±۰/۰۱	۰/۲۷±۰/۰۱	۰/۰۰۱
ویتامین C (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱/۰۰±۰/۰۵	۰/۹۵±۰/۰۴	۰/۵۲

* 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 به ۱۴ (۵۳/۳٪) و در گروه شاهد این نسبت بصورت ۱۵ به ۱۳ (۵۳/۶٪) می‌باشد. از نظر سن نیز دو گروه با یکدیگر منطبق^{iv} می‌باشند.

از بین آزمایش‌های معمولی بیوشیمیایی، سطح گلوکز، کلسترول تام، LDL-C و تری‌گلیسرید در گروه بیماران دیابتی نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌دار نشان می‌دهد. ولی HDL-C نسبت به گروه شاهد دارای کاهش است. اگر چه در بین دو گروه مقدار اسیداوریک و بیلی‌روبین تفاوت معنی‌داری ندارد. نتایج مربوط به آزمایش‌های اختصاصی ارزیابی استرس اکسیداتیو در جدول (۲) نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود قدرت آنتی‌اکسیدان تام پلازما که با روش FRAP اندازه‌گیری شده است، علیرغم کاهش در گروه بیماران دیابتی، از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد، اگرچه مقدار MDA به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدها در گروه بیماران دیابتی نسبت به گروه شاهد افزایش یافته است (۰/۶۴±۰/۰۴ میکرومول در افراد دیابتی در مقابل ۰/۳۲±۰/۰۲ میکرومول در افراد شاهد) که این افزایش از نظر آماری دارای ارزش است (P<۰/۰۰۵).

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. همان‌طور

المنⁱ (ضریب تغییرات برون سنجش و درون سنجش بترتیب ۴٪ و ۲/۱٪) مشهور است، استفاده گردید. گروه‌های تیول با احیای این معرف، کمپلکس زرد رنگ ایجاد می‌نمایند که در طول موج ۴۲۱ نانومتر قابل اندازه‌گیری است.^{۱۲}

ویتامین E یا آلفاتوکوفرول با روش HPLC و بر اساس روش رایج شده توسط آرنود و همکارانش (ضریب تغییرات برون سنجش و درون سنجش به ترتیب ۶/۵٪ و ۵/۲٪) اندازه‌گیری شد.^{۱۳}

ویتامین C نیز با استفاده از ۴ و ۲ دی‌نیتروفنیل‌هیدرازین و بر اساس روش استانیلی مورد آنالیز قرار گرفت.^{۱۴}

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)ⁱⁱ بیان شده است. همچنین برای مقایسه دو گروه با یکدیگر نیز از آزمون t نمونه‌های مستقلⁱⁱⁱ استفاده گردید. نتایج با مقدار P کمتر از ۰/۰۵ به عنوان نتایج معنی‌دار تلقی گردیدند.

یافته‌ها

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

i- Ellman

ii- Standard error of mean

iii- Unpaired-t student test

iv- Matched

دیگری که نشان دهنده وجود اختلال در تعادل ویتامین E بدن است، نسبت این ویتامین به کلسترول پلاسما می‌باشد. 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 عمده آن افزایش لیپیدهای پلاسما از جمله کلسترول و تری‌گلیسیرید 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 آلفاتوکوفرول - افزایش می‌یابد.

ساز و کار (مکانیسم) بسیار متنوعی را در خصوص ایجاد استرس اکسیداتیو در بیماری دیابت ملیتوس ذکر می‌کنند که اتواکسیداسیون قندها یکی از موارد مهم آن است. ترکیباتی با ساختمان آلفا - هیدروکسی آلدئیدی (مثل گلوکز) 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.^{۲۱} همچنین در هنگام افزایش گلوکز 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.^{۲۴} علاوه بر موارد فوق کاهش سطح گلوکاتایون احیا در نتیجه اختلال در میزان تولید NADPH که به دنبال فعال شدن راه پلی‌ال اتفاق می‌افتد، می‌تواند بر باز سازی ویتامین‌های C و E و در نتیجه کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدان سیستم مؤثر باشد.^{۲۵}

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 بیفتد) به دلیل مصرف آنها در

آنتی‌اکسیدان تام پلاسما 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 صحرایی و همچنین شرایط کنترل شده خاص مطالعات تجربی باشد.^{۱۸} بر اساس دانسته‌های مطالعات مختلفی انجام شده است که از روش‌های دیگری غیر از روش FRAP برای تعیین قدرت آنتی‌اکسیدان پلاسما استفاده نموده‌اند و در برخی از این مطالعات سطح قدرت آنتی‌اکسیدان تام پلاسما در افراد دیابتی کاهش داشت.^{۱۵،۱۹،۲۰}

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.^{۱۵،۱۶} 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 نیتريت - قادرند با گروه‌های تیول واکنش داده و آنها را خنثی نمایند. البته به نظر می‌رسد گروه‌های تیول مربوط به مولکول‌های کوچک نظیر گلوکاتایون به طور مؤثری در این واکنش‌ها شرکت نمایند.^{۲۱}

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 تبدلات 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.^{۲۲}

غلظت آنتی‌اکسیدان‌های اگزوزن و آندوزن 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.^{۱۵،۱۶} 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.

جریان 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 "antioxidant power": 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 streptococin-induced diabetic rats by ferric reducing ability of plasma assay *Acta Med Iranica*; 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 lipid peroxidation levels in preaging French population. EVA Study Group. *Edude de vieillissement arteriel. Biol Trace Elem 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. Flohe L, Gunzler WA. Assays of glutathione peroxidase. *Methods Enzymol* 1984; 105:114-21.