

## شاخصهای استرس اکسیداتیو در بیماران دیابتی تیپ ۲ بدون عوارض

جعفر نوروز زاده<sup>۱</sup>، غلامعلی حفیظی<sup>۲</sup>، محمد حسن خادم انصاری<sup>۳</sup>، کامران کیوان پژوه<sup>۴</sup>

۱- دانشیار بیوشمی، گروه بیوشمی و تغذیه، دانشکده علوم پزشکی ارومیه، (مؤلف مسئول) jnouroozzadeh@yahoo.co.uk

۲- کارشناس ارشد بیوشمی، دانشکده علوم پزشکی ارومیه

۳- استادیار بیوشمی، دانشکده علوم پزشکی ارومیه

۴- استادیار بیماریهای داخلی، دانشکده علوم پزشکی ارومیه

### چکیده

**زمینه و هدف:** مبتلایان به دیابت نوع ۲ در معرض افزایش خطر گسترش عوارض قلبی عروقی، نوروپاتی و نوروپاتی می‌باشند. این خطر بوسیله فاکتورهای شایع نظیر فشار خون بالا و دیس‌لیپیدمی کاملاً قابل توصیف نیست. از این رو پیشنهاد شده است که استرس اکسیداتیو می‌تواند توضیحی را برای عوارض تسریع شده در دیابت تیپ ۲ ارائه دهد. هدف از این مطالعه تعیین وضعیت اکسیداتیو و آنتی اکسیدانتی بیماران دیابتی تیپ ۲ بدون عوارض می‌باشد.

**روش بررسی:** در این مطالعه مورد-شاهدی ۲۰ بیمار دیابتی تیپ ۲ فاقد هرگونه عوارض (۴۴/۲±۰/۷ سال؛ ۷ مرد و ۱۳ زن) و همچنین ۲۰ فرد غیر دیابتی بعنوان گروه شاهد (۴۳/۲±۰/۹ سال؛ ۱۲ مرد و ۸ زن) انتخاب شدند. برای اندازه‌گیری مالون دی‌آلدئید، توتال گلوتاتیون، آنزیمهای کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز از روشهای اسپکتروفتومتری و برای اندازه‌گیری ویتامین E از روش HPLC استفاده گردید. ارزیابی داده‌ها از طریق نرم افزار SPSS-Win version 10 انجام گرفت.

**یافته‌ها:** سطح توتال گلوتاتیون و همچنین نسبت ویتامین E به تری‌گلیسرید در بیماران دیابتی تیپ ۲ پائین‌تر از گروه کنترل بود، به ترتیب:  $148/8 \pm 15/5 \mu\text{mol/L}$  در مقابل  $192/9 \pm 54/4 \mu\text{mol/L}$ ;  $p < 0/05$  و  $14/4 \pm 1/6 \mu\text{mol/mmol}$  در مقابل  $17/0 \pm 1/1 \mu\text{mol/mmol}$ ;  $p < 0/05$ . سطح مالون دی‌آلدئید در بیماران دیابتی بالاتر از گروه کنترل بود به ترتیب:  $196/1 \pm 10/7 \text{ nmol/L}$  در مقابل  $175/2 \pm 20/4 \text{ nmol/L}$ . مقدار کاتالاز و میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در بیماران دیابتی با گروه کنترل متفاوت بود به ترتیب:  $571/9 \pm 65/3 \mu\text{g/L}$  در مقابل  $541/1 \pm 67/4 \mu\text{g/L}$  و  $0/29 \pm 0/06 \text{ OD}$  در مقابل  $0/26 \pm 0/01 \text{ OD}$ ، البته این تغییرات معنی‌دار نبود.

**نتیجه‌گیری:** این مطالعه نشان داد که استرس اکسیداتیو در بیماران دیابتی تیپ ۲ بدون عوارض در مقایسه با گروه کنترل تغییر یافته است و این فرضیه را که استرس اکسیداتیو قبل از بروز عوارض دیابتی ایجاد می‌گردد، تقویت می‌کند.

**کلید واژه‌ها:** استرس اکسیداتیو، دیابت نوع ۲، آنتی اکسیدانت، لیپید اکسیداسیون

وصول مقاله: ۸۴/۳/۲۹ اصلاح نهایی: ۸۵/۱/۳۰ پذیرش مقاله: ۸۵/۲/۱۸

### مقدمه

شده است که استرس اکسیداتیو می‌تواند در روند سرعت بخشیدن به بروز عوارض بالینی در مبتلایان به دیابت نوع ۲ نقش داشته باشد (۳-۶).

رادیکالهای آزاد بطور مداوم طی متابولیسم هوازی تولید می‌شوند و برای عملکرد مکانیسمهای دفاعی

مبتلایان به دیابت نوع ۲ در معرض خطر بالایی از عوارض عروقی، نوروپاتی و نوروپاتی می‌باشند. این خطر افزایش یافته تنها تا حدودی بوسیله ریسک فاکتورهای شایع نظیر مصرف سیگار، فشار خون بالا و دیس‌لیپیدمی قابل توجیه است (۱،۲) از این رو پیشنهاد

مت فورمین به تنهایی و یا همراه با رژیم غذایی برای کنترل گلوکز بود. کلیه افراد گروه بیمار غیر سیگاری و طی سه ماه گذشته هیچگونه آنتی اکسیدانسی مصرف نکرده بودند. ۲۰ فرد غیر دیابتی (محدوده سنی ۳۵ تا ۵۰ سال) بعنوان گروه شاهد از بین کارمندان دانشکده علوم پزشکی ارومیه بصورت تصادفی انتخاب شدند. افراد گروه کنترل سیگاری نبودند و از نظر بیماریهای عفونی، قلبی عروقی، کلیوی و سرطان سالم بودند. آنها هیچگونه آنتی اکسیدانسی مصرف نمی کردند و تحت رژیم غذایی خاصی نبودند.

نمونه‌های خون بمقدار ۵ میلی لیتر برای تهیه سرم و همچنین ۵ میلی لیتر برای تهیه پلاسما با ماده ضد انعقاد EDTA-K پس از یک ناشتایی ۱۲ ساعته جمع آوری شدند. برای اندازه گیری گلوکز (FBS)، توتال کلسترول (Total-C)، کلسترول لیپوپروتئین با دانسیته بالا (LDL-C)، کلسترول لیپوپروتئین با دانسیته پایین (HDL-C)، کلسترول لیپوپروتئین با دانسیته بسیار پایین (VLDL-C) و تری گلیسرید (TG) از نمونه سرم و برای اندازه گیری مالون دی آلدئید، آلفا توکوفرول، توتال گلوتاتیون و آنزیمهای کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز از نمونه پلاسما استفاده گردید. نمونه‌های پلاسما تا زمان آنالیز در دمای ۷۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

غلظت آلفا-توکوفرول به روش HPLC فاز معکوس با استفاده از دکتور ماورای بنفش (UV) در طول موج ۲۸۲ nm اندازه گیری شد (۱۰).  
سطح توتال گلوتاتیون نیز با استفاده از دی تیونیترو بنزوتیک اسید (Dinitrobenzoic acid; DTNB) به عنوان ماده رنگزا در طول موج ۴۱۲ nm تعیین شد (۱۱).

میزبان مانند نوتروفیلها، ماکروفاژها و منوسیتها و دیگر مولکولهای سیستم ایمنی نیز ضروری می باشند (۷). به منظور جلوگیری از تجمع بیش از حد رادیکالهای آزاد، بدن مجهز به یک سری سیستمهای آنتی اکسیدانی می باشد که می تواند آنها را خنثی کند (۸). این سیستمهای آنتی اکسیدانی شامل ویتامینهای مانند C و E، آنزیمهایی مانند سوپراکسید دیسموتاز (Superoxide dismutase; SOD) و کاتالاز (Catalase; CAT) و مولکولهایی مانند گلوتاتیون (یا گاما-گلوتامیل سیستین گلیسن) هستند. در هنگام افزایش تولید رادیکالهای آزاد، بعلاوه کشمکش بین رادیکالهای آزاد و آنتی اکسیدانها، ممکن است سطح آنتی اکسیدانها کاهش یابد و بدن با کمبود آنها مواجه شود. در این شرایط، پاکسازی ناقص این رادیکالها موجب اکسیداسیون لیپیدها، پروتئینها، اسیدهای نوکلئیک و قندها می شود. این امر ممکن است در نهایت موجب پی آمدهای گسترده پاتولوژیک در دیابت شود (۹).

هدف از این مطالعه ارزیابی شاخصهای استرس اکسیداتیو (مالون دی آلدئید، ویتامین E، توتال گلوتاتیون و آنزیمهای کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز) در بیماران دیابتی نوع ۲ فاقد عوارض در مقایسه با گروه شاهد است.

## روش بررسی

در این مطالعه مورد-شاهدی ۲۰ فرد مبتلا به دیابت نوع ۲ که فاقد هرگونه عارضه دیابتی بودند بنا به تشخیص پزشک متخصص بیماریهای داخلی انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه محدوده سنی ۳۵ تا ۵۰ سال، گلوکز ناشتا  $\geq 110/7$  mg/dl، تری گلیسرید  $\geq 150/6$  mg/dl و استفاده از قرصهای گلی بنگلامید و

سطح مالون دی آلدئید بر اساس واکنش آن با تیوباربتوریک اسید (TBA) در طول موج ۵۳۲ nm تعیین شد (۱۲، ۱۳). مقدار کاتالاز به روش رنگ سنجی با استفاده از پرپالد (Purpald) به عنوان ماده رنگزا در طول موج ۵۵۰ nm اندازه گیری شد (۱۴). فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به روش رنگ سنجی با استفاده از نیتروبلو تترازولیوم (Nitroblue tetrazolium; NBT) به عنوان ماده رنگزا در طول موج ۵۶۰ nm ارزیابی گردید (۱۵).

نرم افزار آماری SPSS version 10 برای تجزیه و تحلیل داده ها مورد استفاده قرار گرفت و از آمارهای توصیفی (میانگین و انحراف معیار)، آزمون آماری-T test و همبستگی پیرسن برای آزمون داده ها استفاده شد.

ترتیب:  $36/7 \pm 2/1$   $\mu\text{mol/L}$  در مقابل  $38/6 \pm 2/4$   $\mu\text{mol/L}$  در مقابل  $6/8 \pm 0/5$   $\mu\text{mol/mmL}$  در مقابل  $7/7 \pm 0/8$   $\mu\text{mol/mmL}$  ولی نسبت آلفا-توکوفرول به تری گلیسرید در بیماران دیابتی پایین تر از گروه کنترل بود به ترتیب:  $14/4 \pm 1/6$   $\mu\text{mol/mmL}$  و در مقابل  $17/0 \pm 1/1$   $\mu\text{mol/mmL}$ :  $p < 0/05$ . سطوح مالون دی آلدئید، میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و مقدار آنزیم کاتالاز در بیماران دیابتی بالاتر از افراد کنترل بود به ترتیب:  $10/7 \pm 10/7$   $\text{nmol/L}$  در مقابل  $175/2 \pm 20/4$   $\text{nmol/L}$   $0/29 \pm 0/06$  OD در مقابل  $0/26 \pm 0/01$  OD و  $571/9 \pm 65/3$   $\mu\text{g/L}$  در مقابل  $541/1 \pm 67/4$   $\mu\text{g/L}$ ، این تفاوتها هیچکدام معنی دار نبود. نمودار ۱ سطوح توتال گلوکوتایون و مالون دی آلدئید و همچنین نسبت آلفا - توکوفرول به تری گلیسرید در بیماران دیابتی و گروه کنترل را نشان می دهد.

بین سطوح گلوکز و MDA در دیابتی ها همبستگی وجود داشت ( $r \text{ Pearson} = 0/69$ ;  $p < 0/01$ ) در حالیکه در گروه شاهد چنین ارتباطی مشاهده نگردید ( $r = -0/21$ ;  $p = 0/38$  Pearson).

نرم افزار آماری SPSS version 10 برای تجزیه و تحلیل داده ها مورد استفاده قرار گرفت و از آمارهای توصیفی (میانگین و انحراف معیار)، آزمون آماری-T test و همبستگی پیرسن برای آزمون داده ها استفاده شد.

نرم افزار آماری SPSS version 10 برای تجزیه و تحلیل داده ها مورد استفاده قرار گرفت و از آمارهای توصیفی (میانگین و انحراف معیار)، آزمون آماری-T test و همبستگی پیرسن برای آزمون داده ها استفاده شد.

## یافته ها

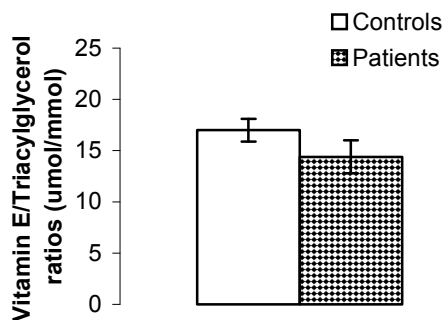
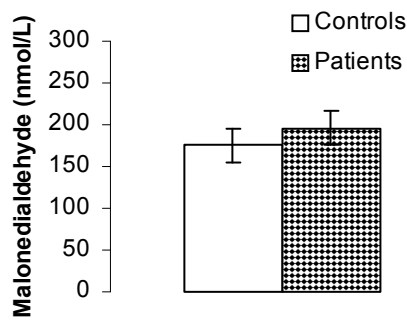
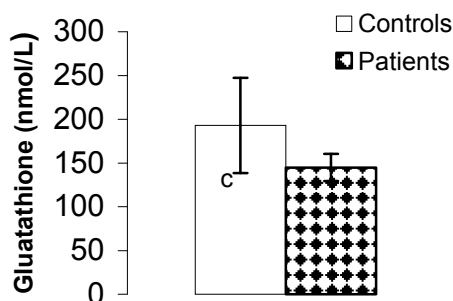
گروه کنترل شامل ۱۲ مرد و ۸ زن (سن  $43/2 \pm 0/9$  سال: ۳۹-۴۸ سال) و گروه بیمار از دیابتی های تیپ ۲ از ۷ مرد و ۱۳ زن (سن  $44/2 \pm 0/7$  سال: ۴۰-۴۷ سال) تشکیل شده بود.

سطوح گلوکز، تری گلیسرید و کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بسیار پائین در بیماران دیابتی نوع ۲ بالاتر از گروه کنترل بود (به ترتیب:  $196/4 \pm 13/8$   $\text{mg/dl}$  در مقابل  $86/7 \pm 2/2$   $\text{mg/dl}$ ;  $p < 0/001$ );  $281/4 \pm 38/1$   $\text{mg/dl}$  در مقابل  $205/3 \pm 17/7$   $\text{mg/dl}$  و  $37/8 \pm 3/0$   $\text{mg/dl}$  در مقابل  $56/4 \pm 7/7$   $\text{mg/dl}$  ( $p < 0/05$ ). اما از نظر سطوح توتال کلسترول، کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بالا و لیپوپروتئین با چگالی پائین تفاوتی بین دیابتی نوع ۲ و گروه کنترل وجود نداشت به ترتیب:  $216/4 \pm 30/8$   $\text{mg/dl}$  در مقابل  $216/6 \pm 15/8$   $\text{mg/dl}$ ،  $39/4 \pm 5/8$   $\text{mg/dl}$  در مقابل

جدول ۱: شاخصهای آزمایشگاهی افراد دیابتی نوع ۲ فاقد عوارض و گروه کنترل

P	افراد دیابتی نوع ۲		میانگین ± خطای استاندارد
	افراد کنترل		
<۰/۰۱	۸۶/۷±۲/۲	۱۹۶/۴±۱۳/۸	گلوکز (mg/dl)
<۰/۰۵	۲۰۵/۳±۱۷/۷	۲۸۱/۴±۳۸/۱	تری گلیسرید (mg/dl)
-	۲۱۶/۶±۱۵/۸	۲۱۶/۴±۳۰/۸	توتال کلسترول (mg/dl)
<۰/۰۵	۳۷/۸±۳/۰	۵۶/۴±۷/۷	VLDL-C (mg/dl)
-	۱۲۵/۱±۱۳/۹	۱۴۲/۵±۱۱/۶	LDL-C (mg/dl)
-	۳۵/۹±۲/۷	۳۹/۴±۵/۸	HDL-C (mg/dl)

نمودار ۱: سطوح توتال گلوکوتایون، مالوندی آلدئید و نسبت آلفا - توکوفرول به تری گلیسرید در بیماران دیابتی و گروه کنترل



## بحث

در این مطالعه از پنج شاخص استرس اکسیداتیو شامل مالون دی آلدئید،  $\alpha$ -توکوفرول، توتال گلوتاتیون و آنزیمهای کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز برای بررسی وضعیت اکسیداتیو و آنتی اکسیداتیو بیماران تیپ ۲ فاقد عوارض و افراد غیر دیابتی بعنوان کنترل استفاده گردید. سطح مالون دی آلدئید در بیماران دیابتی ۱۱٪ بالاتر از گروه شاهد بود، گرچه این تفاوت چندان معنی دار نیست ( $p < 0.07$ ). ارتباط بین سطوح گلوکز و MDA در دیابتی‌ها نشان دهنده افزایش تولید رادیکالهای آزاد در اثر هیپرگلیسمی است که در نتیجه موجب اکسیداسیون چربیهای غیر اشباع می‌شود (۱۶، ۱۷). یافته‌های ما با مطالعات دیگران که استرس اکسیداتیو را در بیماران دیابتی تیپ ۱ و یا تیپ ۲ بررسی کردند همخوانی دارد (۲۱-۱۸).

همچنین میزان فعالیت آنزیم SOD در افراد دیابتی ۹٪ بالاتر از گروه کنترل بود. گرچه این تفاوت از نظر آماری معنی دار نیست ولی با این حال مشخص است که میزان فعالیت این آنزیم در افراد دیابتی تا حدودی افزایش یافته است. این امر حاکی از وجود رادیکالهای آزاد حاصل از هیپرگلیسمی است که منجر به افزایش فعالیت این آنزیم شده است. از سوی دیگر به دلیل اینکه افراد مورد مطالعه ما در مراحل اولیه سیر پیشرفت بیماری خود بودند و هنوز تولید رادیکالهای آزاد در آنان شدت زیادی نگرفته بود، لذا توقعی برای وجود تفاوتی چشمگیر بین این دو گروه از نظر فعالیت آنزیم SOD وجود نداشت. در ضمن مقدار آنزیم CAT در دیابتی‌ها ۵٪ کمتر از گروه کنترل بود و این تفاوت کم، به دلیل آن است که آنزیم CAT در جاهایی که مقدار پراکسید

هیدروژن بالا است، وجود دارد مانند peroxisomes، در حالیکه تجزیه پراکسید هیدروژن در جاهایی مانند پلاسمای خون که به مقدار کمی وجود دارد به عهده آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز می‌باشد.

سطح گلوتاتیون نیز در افراد دیابتی در مقایسه با گروه کنترل ۲۳٪ کاهش را نشان داد ( $p < 0.05$ ) این امر حاکی از افزایش تولید رادیکالهای آزاد در بیماران مبتلا به دیابت تیپ ۲ است که باعث کاهش سیستم دفاعی بدن علیه رادیکالهای آزاد می‌شود. یافته‌های این بررسی با نتایج حاصل از مطالعه Nuttal و همکارانش که استرس اکسیداتیو را در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ مورد بررسی قرار داده بودند همخوانی دارد (۲۲).

در این مطالعه تفاوتی از نظر سطح ویتامین E در بین بیماران دیابتی و گروه کنترل دیده نشد. البته در این مورد گزارشهای متفاوتی از نظر سطح ویتامین E در بیماران دیابتی وجود دارد. بعضی مطالعات تفاوتی را از نظر سطح ویتامین E در بین گروه دیابتی و گروه شاهد نشان ندادند در حالیکه در گزارشهای دیگر افزایش و یا کاهش ویتامین E در بیماران دیابتی دیده شده است (۵، ۱۸، ۲۳، ۲۴). به دلیل اینکه جذب ویتامین E به میزان لپیدهای خون بستگی دارد، گزارش نسبت سطح ویتامین E به میزان چربیهای خون مانند توتال کلسترول و تری گلیسریدها بعنوان یک مارکر برای بررسی وضعیت این آنتی اکسیدانت در بیماری و سلامتی پیشنهاد شده است (۲۵). در این مطالعه از نظر سطح نسبت ویتامین E به توتال کلسترول تفاوت معنی داری بین گروههای بیمار و کنترل وجود نداشت ولی نسبت ویتامین E به تری گلیسرید در بیماران دیابتی ۱۶٪ پائین تر از گروه کنترل بود. از بین این دو شاخص به دلیل اینکه میزان

### نتیجه گیری

استرس اکسیداتیو در بیماران دیابتی تیپ ۲ بدون عوارض در مقایسه با گروه کنترل تغییر یافته است. بهم خوردن تعادل اکسیداتیو/آنتی اکسیداتی بدن باعث القای یکسری سیگنالهای سلولی می شود که در نهایت موجب پی آمدهای پاتولوژیک در بیماران دیابتی می گردد.

### تشکر و قدردانی

از آقای کوکبی به خاطر زحماتشان در نمونه گیری و انجام آزمایشهای بیوشمی این پروژه سپاسگزاریم.

توتال کلسترول با مصرف غذا به سرعت تغییر نمی یابد، نسبت ویتامین E به توتال کلسترول معیار بهتری برای بررسی وضعیت این آنتی اکسیدانت بشمار می آید. نکته قابل توجه این است که در این مطالعه نسبت به سایر مطالعات، سطح ویتامین E در بیماران دیابتی و افراد کنترل بصورت چشمگیری بالاتر است (۲۶). اما از آنجایی که اطلاعاتی در استان آذربایجان غربی و یا از نقاط دیگر ایران درباره سطح ویتامین E بعنوان رفرانس در دسترس نیست امکان بحث در بالا بودن سطح ویتامین E پلاسما در افراد این منطقه فعلا میسر نمی باشد، از این رو سطح ویتامین E در این منطقه باید دوباره بررسی گردد تا علت آشکار شود.

### References

1. Pyorala K, Laakso M, Uusitupa M Diabetes and atherosclerosis: an epidemiological view. *Diabetes* 1987; 3: 463-524.
2. Uusitupa MI, Niskanen LK, Siitonen O, Voutilainen E, Pyorala K: Five-years incidence of atherosclerotic vascular disease in relation to general risk factors, insulin level, and abnormalities in lipoprotein composition NIDDM and non-diabetic subjects. *Circulation* 1990, 82: 27-36.
3. Oberley LW: Free radicals and diabetes. *Free Radical Biol Med* 1988; 5:113-124.
4. Baynes JW. Perspectives in diabetes: role of oxidative stress in the development of complications in diabetes. *Diabetes* 1991; 40: 405-412.
5. Nourooz-Zadeh J, Rahimi A, Tajaddini-Sarmadi J, Tritschler HJ, Rosen P, Halliwell B and et al. Relationships between plasma measures of oxidative stress and metabolic control in non-insulin dependent diabetes. *Diabetologia* 1997; 40: 647-653.
6. Rosen P, Nawroth PP, King G, Moller W, Tritschler HJ, Packer L. The role of oxidative stress in the onset and progression of diabetes and its complications: a summary of a congress series sponsored by UNESCO-MCBN, the American diabetes association and the German diabetes society. *Diabetes Metabolism Res Rev* 2001; 17: 189-212.
7. Halliwell B, Gutteridge J M C (eds). *Free Radicals in Biology and Medicine*. 3rd ed. Oxford, Oxford University Press, 2000:36-104.
8. Halliwell B. Antioxidants and human disease; a general introduction. *Nutri Rev* 1997; 55: 44-52.
9. Ceriello A. The emerging role of post-prandial hyperglycaemic spikes in the pathogenesis of diabetic complications. *Diabetic Med* 1998; 15:188-197.
10. Nourooz-Zadeh J., Tajaddini-Sarmadi J, Birlouez-Aragon I, Wolff S P: Measurement of hydroperoxides in edible oils using the ferrous oxidation in xylenol orange assay. *J Agric Food Chem* 1995; 43: 17-21.
11. Rossi R, Milzani A, Dalle-Donne I, Giustranini D, Lusini L, Colombo R and et al. Blood glutathione disulfide: in vivo factor or in vitro artifact? *Clin Chem* 2002; 48: 742-753.
12. Lepage G, Munoz G, Champagne J, Champagne J, Roy CC. Preparative steps necessary for the accurate measurement of malondialdehyde by high performance liquid chromatography. *Anal Biochem* 1991; 197: 277-283.

13. Yan LX, Chow CK. An improved method for the measurement of malondialdehyde in biological samples. *Lipids* 1994; 29: 73-75.
14. Warner A, Bencosme A, Healy D, Verme C. Prognostic role of antioxidant enzymes in sepsis: Preliminary assessment. *Clin Chem* 1995; 41: 867-871.
15. Sun Y, Oberley LW, Li Y. A simple method for clinical assay of superoxide dismutase. *Clin Chem* 1988; 34: 497-500.
16. Wierusz-Wysocka B, Wysocki H, Byks H, Zozulinska D, Wykretowicz A, Kazmierczak M. Metabolic control quality and free radical activity in diabetic patients. *Diabetes Res Clin Pract* 1995; 27: 193-197.
17. Sampson MJ, Gopaul N, Davies IR, Hughes D, Carrier M. Plasma isoprostanes; Direct evidence of increased free radical damage during acute hyperglycemia in type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2002; 25:537-541.
18. Nourooz-Zadeh J, Tajaddini-Sarmadi J, McCarthy S, Betteridge DJ, Wolff SP. Elevated levels of authentic plasma hydroperoxides in NIDDM. *Diabetes* 1995; 44: 1054-1058.
19. Vijayalingam S, Parthiban A, Shanmugasundaram K R, Mohan V. Abnormal antioxidant status in impaired glucose tolerance and non-insulin dependent diabetes. *Diabetic Med* 1996; 13: 715-719.
20. Sharma A, Kharb S, Chugh SN, Kakkar R, Singh GP. Evaluation of oxidative stress before and after control of glycaemia and after vitamin E supplementation in diabetes patients. *Metabolism* 2000; 49:160-162.
21. Mara G, Cotroneo P, Pitocco D, Manto A, DiLeo M, Ruotolo V and et al. Early increase of oxidative stress and reduced antioxidant defenses in patients with uncomplicated type1 diabetes. *Diabetes Care* 2002; 25:370-375.
22. Nuttall SL, Dunne F, Kendall MJ, Martin U. Age-independent oxidative stress in elderly patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *QJM* 1999. 92: 33-38.
23. Brigelius-Flohe R, Kelly FJ, Salonen JT, Neuzil J, Zingg JM, Azzi A. The European perspective on vitamin E; Current knowledge and future research. *Am J Nutri* 2002; 76: 703-716.
24. Nourooz-Zadeh J, Halliwell B, Tritschler HJ, Betteridge DJ. Decrease lipid standardised plasma  $\alpha$ -tocopherol in non-insulin dependent diabetes mellitus. *Diabetes and Stoffwechsel* 1997; 6 [Suppl 2] :20-23.
25. Leonhardt W. Concentration of antioxidative vitamins in plasma and low-density lipoprotein of diabetic patients in antioxidants. In diabetes management (eds: Packer P, Rosen P, Tritschler H J and Azzi A). New York: Marcel Dekker, 2000: 65-76.
26. Gross M, Yu X, Hannan P, Prouty C, Jacobs D: Lipid standardization of serum fat-soluble antioxidant concentrations; the YALTA Study. *Am J Clin Nutri* 2003; 77: 458-466.