

اثر سلکوکسیب بر سطح سرمی ویسفاتین در دیابت ناشی از استرپتوزوتوسین در موش

های صحرائی نر: نقش مسیر نیتروژیک

سمانه سادات علوی^۱، غلامعلی حمیدی^۲، حمیدرضا بنفشه^۳، مریم حسینی^۴، سید مهدی تخت فیروزه^۴، نسترن افسرده^۱، اژدر حیدری^۱

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، مرکز تحقیقات فیزیولوژی، کاشان، ایران.

۲. دانشیار، مرکز تحقیقات فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران.

۳. کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران

۴. استادیار، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، مرکز تحقیقات فیزیولوژی، کاشان، ایران (مؤلف مسوول)، تلفن ثابت: ۰۳۱-۵۵۵۴۰۰۲۱، heydari@z@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: ویسفاتین یا نیکوتین فسفوریبوزیل ترانسفراز یک سایتوکاین پیش‌تهابی است که تحت تاثیر گلوکز خون و انسولین قرار می‌گیرد. در دیابت سایتوکین‌های پیش‌تهابی مانند پروستاگلندین E2 و نیتریک اکساید سطح ویسفاتین را افزایش می‌دهند و ویسفاتین نیز بیان آنها را تحریک می‌کند. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر آنزیم سیکواکسیژناز و سیستم نیتروژیک بر سطح ویسفاتین در دیابت بود.

روش بررسی: دیابت در ۷۰ موش بزرگ آزمایشگاهی بوسیله استرپتوزوسین (STZ) القاء شده و نمونه‌ها بوسیله سلکوکسیب، ال آرژنین و L-NAME هر یک به تنهایی و سلکوکسیب به همراه ال آرژنین و یا به همراه L-NAME تحت درمان قرار گرفتند. برای مقایسه گروه‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه و متعاقب آن تست توکی (نرم افزار SPSS) استفاده گردید.

یافته‌ها: در همه گروه‌های درمانی کاهش معنادار در سطح قند خون و تری‌گلیسرید مشاهده شد ($P < 0.05$). در گروه دریافت‌کننده L-NAME سطح انسولین بصورت معنادار ($P < 0.001$) کاهش یافت در حالی که در گروه‌های دریافت‌کننده سلکوکسیب به تنهایی ($P < 0.05$) یا همزمان با ال آرژنین و L-NAME افزایش معنادار سطح انسولین مشاهده شد ($P < 0.01$). سطح سرمی ویسفاتین در حیوانات دیابتی در مقایسه با گروه کنترل غیردیابتی بصورت معنادار افزایش یافت ($P < 0.05$). درمان با ال آرژنین تاثیر معناداری بر افزایش سطح ویسفاتین داشت ($P < 0.05$). سلکوکسیب باعث کاهش سطح ویسفاتین شد ($P < 0.01$). بعلاوه درمان با سلکوکسیب به همراه L-NAME و یا به همراه ال آرژنین تاثیر بیشتری در کاهش ویسفاتین داشت ($P < 0.01$).

نتیجه‌گیری: سطح سرمی ویسفاتین در دیابت افزایش می‌یابد. مهار سیکواکسیژناز ۲ سبب کاهش سطح ویسفاتین شده که بخشی از این تاثیرات در ارتباط با سیستم نیتروژیک می‌باشد. به نظر می‌رسد که سطح گلوکز و انسولین خون تاثیر مستقیمی بر سطح ویسفاتین نداشته و نقش اصلی بر عهده سایتوکاین‌های پیش‌تهابی باشد.

کلیدواژه‌ها: نیکوتین آمید فسفوریبوزیل ترانسفراز، سلکوکسیب، نیتریک اکساید، دیابت ملیتوس، استرپتوزوتوسین

وصول مقاله: ۹۴/۷/۱۱ اصلاحیه نهایی: ۹۴/۱۲/۱۰ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۲

جهت ورود و جذب گلوکز به سلول‌ها در طی فعالیت مورد نیاز است (۱۵) اما این احتمال وجود دارد که وجود حلقه فیدبک مثبت بین مسیرهای تولید NO و پروستاگلاندین‌ها (PGS) سبب تشدید تخریب سلول‌های بتا و سایر علائم دیابت شود. لذا مهار تولید PGS یا NO از این حلقه فیدبک مثبت می‌تواند اثر حفاظتی بر روند دیابت داشته باشد (۱۶).

سایتوکین‌های پیش‌التهابی در دیابت سطح ویسفاتین را افزایش می‌دهند (۱۷) و خود ویسفاتین نیز بیان آنها را تحریک می‌کند (۱۸) که می‌تواند از طریق تحریک آنزیم‌های انتهایی تولید PGE2 باشد (۱۹). لذا هدف از این مطالعه بررسی اثر مهارکننده‌های NOS و COX-2 بر سطح ویسفاتین و برخی شاخص‌های دیابت از جمله سطح کلسترول با دانسیته بالا (HDL) و کلسترول با دانسیته پایین (LDL) و تری‌گلیسرید (TG)، در موش‌های دیابتی شده با استرپتوزوسین بوده است.

روش بررسی

در یک مطالعه تجربی - آزمایشگاهی، ۷۰ سر موش بزرگ آزمایشگاهی نژاد ویستار با وزن ۱۸۰-۲۲۰ گرم از حیوان‌خانه مرکز تحقیقات فیزیولوژی دانشگاه کاشان تهیه شده و در قفس‌های مختلف و دمای مناسب حیوان‌خانه و شرایط تاریکی و روشنایی ۱۲ ساعته و دسترسی آسان به آب و غذا نگهداری شدند. حیوانات بصورت تصادفی به هفت گروه تقسیم شدند (n=۱۰) که شامل یک گروه کنترل غیر دیابتی، یک گروه کنترل دیابتی و پنج گروه درمانی بود. سه گروه از رت‌های دیابتی به ترتیب داروهای سلکوکسیب (۵ میلی گرم به ازاء هر گیلوگرم وزن حیوان)، ال‌آرژنین (۵۰ میلی گرم به ازاء هر گیلوگرم) و L-NAME (۵۰ میلی گرم به ازاء هر گیلوگرم) را به مدت ۱۴ روز دریافت می‌کردند. در دو گروه آزمایشی دیگر ابتدا سلکوکسیب (۵ میلی گرم به ازاء هر گیلوگرم) را ۶۰ دقیقه قبل از داروی ال‌آرژنین (۵۰ میلی گرم به ازاء هر

شیوع دیابت در سطح جهان رو به افزایش است (۱) و تخمین زده شده که تا سال ۲۰۳۰ حدود ۴۳۹ میلیون یعنی ۷/۷٪ جمعیت دچار این بیماری باشند که یکی از عوامل اصلی مرگ و میر در جهان خواهد بود (۲ و ۳). براساس تعریف WHO و ADA دیابت به دسته‌ای از بیماری‌های متابولیک با فنوتیپ افزایش قند خون ۱۲۶ میلی گرم در دسی لیتر (۶،۹۹ میلی مول در لیتر و بالاتر) اطلاق می‌شود (۴).

بافت چربی اصلی بدن به چربی زیرپوستی و چربی احشائی تقسیم می‌شود که توده چربی احشائی می‌تواند در ایجاد بیماری‌های متابولیک نظیر دیابت نقش بیشتری داشته باشد (۵). بافت چربی در بیان و ترشح انواع متنوعی از فراورده‌ها تحت عنوان آدیپوکین نقش دارد (۶) که دارای فعالیت‌های موضعی و یا سیستمیک بسیاری می‌باشند (۷). ویسفاتین یکی از آدیپوکین‌هاست که اخیراً مورد مطالعه قرار گرفته و بطور اساسی از محصولات بافت چربی احشائی بحساب می‌آید (۸). در میان نقش‌های متعدد ویسفاتین، نقش تقلید کننده عمل انسولین آن، در کاهش سطح گلوکز سرم و افزایش حساسیت به انسولین اهمیت بیشتری دارد (۹).

سیکلوآکسیژناز (COX) آنزیم کاتالیز کننده مسیر تولید پروستاگلاندین‌ها از اسید آراشیدونیک و دارای دو ایزوآنزیم سیکلوآکسیژناز ۱ و ۲ می‌باشد (۱۰). سیکلوآکسیژناز ۱ بطور پایه و نوع ۲ در بسیاری از شرایط التهابی بیان می‌شود (۱۱). گزارش شده که افزایش بیان سیکلوآکسیژناز ۲ و به دنبال آن افزایش تولید پروستاگلاندین E2 باعث تخریب سلول‌های بتا و دیابت می‌شود (۱۲). نیتریک اکسید (NO) توسط آنزیم نیتریک اکسید سنتاز (NOS) تولید می‌شود که تبدیل ال-آرژنین به NO و ال-سیترولین را کاتالیز می‌کند و تا کنون سه ایزوform nNOS (نرونی)، eNOS (اندوتلیالی) و iNOS (القاء پذیر) شناخته شده است (۱۳).

بافت چربی از منابع تولید NO و COX بوده و سایتوکاین التهابی اینترلوکین-۱ سبب القا بیان iNOS و COX-2 در سلول‌های بتا می‌شود (۱۴). اگر چه نشان داده شده که NO

این کیت‌ها جهت سنجش در محیط *in vitro* بوده و عملکرد آن‌ها بر پایه رقابت آنزیمی می‌باشد. بر این اساس ابتدا با توجه به راهنمای کیت، محلول‌های استاندارد، محلول‌های شستشو، نمونه‌ی کنترل مثبت، آنتی‌بادی ویسفاتین، پپتید ویسفاتین بیوتینیل و SA-HRP و بعلاوه نمونه‌های سرم با رقت مورد نظر آماده‌سازی شد. سپس پرکردن چاهک‌ها بر طبق دستور العمل به ترتیب انجام گرفته و در نهایت میزان OD جذب هر کدام از چاهک‌ها در دستگاه الیزا ثبت گردید. شدت سیگنال‌های رنگی بطور مستقیم به میزان کمپلکس SA-HRP-پپتیدهای بیوتینیل و به‌صورت معکوس با مقدار پپتید ویسفاتین در محلول‌های استاندارد و نمونه‌های سرم مربوط می‌شد. نتایج بصورت میانگین \pm انحراف معیار بیان شده و برای مقایسه گروه‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه و متعاقب آن تست توکی استفاده گردید. سطح $p < 0.05$ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

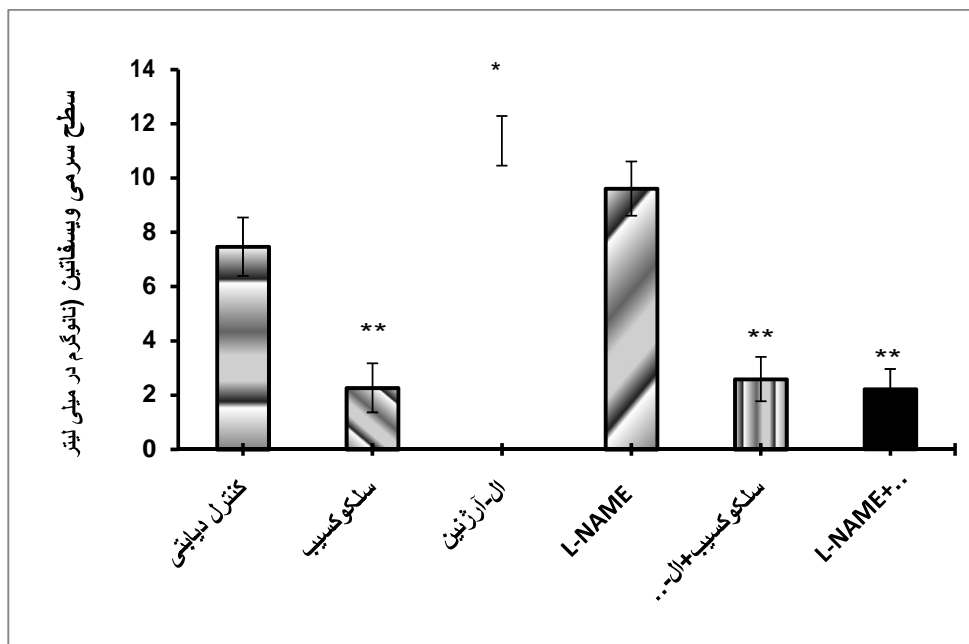
نتایج

نتایج نشان داد سطح گلوکز، TG و کلسترول تام گروه دیابتی در مقایسه با گروه غیر دیابتی به طور معنادار افزایش و سطح انسولین کاهش یافته است (جدول ۱). سطح سرمی ویسفاتین در گروه دیابتی در مقایسه با گروه غیر دیابتی بطور معناداری افزایش یافت (شکل ۱).

نتایج حاصل از درمان با سلوکوسیب، ال آرژنین و L-NAME به تنهایی و یا درمان با سلوکوسیب همراه با ال آرژنین یا L-NAME در جدول شماره ۲ آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که در همه گروه‌های درمانی سطح سرمی گلوکز و TG بطور معنادار کاهش یافته است. درمان با L-NAME به تنهایی سبب کاهش بیشتر سطح انسولین در مقایسه با گروه کنترل دیابتی شد در حالی که سلوکوسیب به تنهایی و یا به همراه ال آرژنین و L-NAME سبب افزایش معنادار انسولین شده است. سطح سرمی HDL

گیلوگرم) و یا L-NAME (۵۰ میلی‌گرم به ازاء هر کیلوگرم) دریافت می‌کردند. در همه گروه‌ها روز تزریق استرپتوزوسین روز صفر در نظر گرفته شده و تعداد روزهای آزمایش از روز پس از آن محاسبه می‌گردید. داروی سلوکوسیب در حلال کربوکسی متیل سلولز ۰/۵٪ حل شده و گاوژ می‌شد. ال-آرژنین و L-NAME در نرمال سالین حل شده و بصورت داخل صفاقی تزریق می‌شد.

روش القاء دیابت: استرپتوزوسین در بافر سیترات تازه ۰/۱ مولار با اسیدیته ۴/۵ رقیق شده و با دوز ۶۰ میلی‌گرم به ازاء هر کیلوگرم به صورت داخل صفاقی تزریق می‌شد. سنجش سطح گلوکز غیر ناشتا بین ساعات ۹ تا ۱۰ صبح بوده، و جهت تشخیص نمونه‌های دیابتی با دستگاه گلوکومتر ساخت شرکت accu-check و با نمونه‌گیری از خون ورید دم حیوان (قرار دادن حیوان در مقیدکننده، پیدا کردن ورید دمی و ایجاد شکاف با استفاده از اسکالپر، گرفتن قطره خونی و سنجش با نوارهای گلوکومتر) ۷۲ ساعت پس از تزریق STZ صورت می‌گرفت. موش‌های صحرانی که غلظت پلاسمایی گلوکز آن‌ها بالاتر از ۲۲۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بود، به‌عنوان نمونه‌های دیابتی به حساب می‌آمدند. خون‌گیری نهایی از حیوانات در روز بعد از آخرین دریافت دارو پس از قطع کردن سر حیوان انجام می‌گرفت. نمونه‌های خونی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای 4°C گذاشته می‌شدند تا لخته شکل بگیرد؛ و بعد از آن سرم نمونه‌های خونی با استفاده از سانتریفیوژ (با دور ۳۵۰۰ و به مدت ۱۵ دقیقه) جداسازی شده و تا زمان انتقال به آزمایشگاه برای اندازه‌گیری سطح گلوکز خون، HDL، LDL و تری‌گلیسرید در دمای 8°C - نگهداری می‌شد. کیت‌های سنجش تری‌گلیسرید، HDL و LDL ساخت شرکت پارس آزمون ایران تهیه شد. غلظت انسولین به روش الایزا با استفاده از کیت آزمایشگاهی ساخت شرکت Mercodia سوئد و نیز ویسفاتین به روش الایزا توسط کیت ساخت شرکت Sigma امریکا اندازه‌گیری شد.



نمودار ۲- مقایسه سطح سرمی ونیسفاتین در گروه های کنترل دیابتی و گروه های درمانی دریافت کننده داروهای سلوکوسیپ به تنهایی و در ترکیب با ال-آرژنین و یا L-NAME، در روز ۱۴، (تعداد: ۷)، مقادیر بصورت میانگین \pm انحراف استاندارد بیان شده است. ($P < 0.05$ ، *، $P < 0.01$ ، **)

بحث

در این مطالعه STZ باعث افزایش قند خون و کاهش انسولین شده و سلوکوسیپ اثر اختصاصی ضعیفی بر روی گلوکز و سطح انسولین داشت. نتایج گزارشات منتشر شده در رابطه با اثر مهار اختصاصی COX-2 بر فعالیت سلول های پانکراس در یک راسا نمی باشد (۲۰ و ۱۶). در جزائر لانگرهانس انسان ایزوآنزیم COX-2 تنها فرم از این آنزیم است که در یک شرایط پایه بیان می شود و بیان آن در دیابت افزایش می یابد (۲۱). هایپرگلیسمی باعث تحریک ترشح IL1 از سلول های β و در نتیجه سبب افزایش بیان COX-2 می شود که با افزایش تولید PGE2 باعث مهار ترشح انسولین در پاسخ به افزایش قندخون می شود (۲۲). مطالعه ای Corbett و همکاران و نیز مطالعه ای Robertson نشان داد که PGE باعث افزایش سطح IL6، فسفولیپاز A2 در ادامه بیان iNOS و TNF و حتی افزایش COX-2 می شود که همگی باعث افزایش و تقویت

اثر التهاب زایی PGE بر روی سلول های β می شود (۲۱) و (۱۴). به نظر می رسد که علت این که مهار COX-2 باعث کاهش سطح گلوکز و افزایش سطح انسولین در مطالعه ما شد همین نکته باشد. در مطالعه ما همزمانی بکارگیری سلوکوسیپ با ال آرژنین و یا LNAME باعث تقویت اثر سلوکوسیپ می شود که نشان می دهد احتمالاً سایتوکاین دیگری مانند NO می تواند در این پروسه نقش ایفا کند. در مطالعه حاضر سطح سرمی ونیسفاتین در موش های دیابتی نسبت به کنترل بالاتر بود و تجویز سلوکوسیپ به تنهایی و نیز همراه با ال آرژنین و LNAME باعث کاهش آن شد. اگرچه افزایش ونیسفاتین در مدل های دیابتی در مطالعات متعددی گزارش شده بود (۲۵-۲۳) اما در این مطالعه برای نخستین بار ارتباط بین مسیره های COX و NOS با سطح سرمی ونیسفاتین سنجد شد. تاثیرات افزایش قند خون و کاهش انسولین بر روی سطوح ونیسفاتین در مطالعات گذشته بررسی شده است (۲۶)، اما این مسئله همچنان مورد

می‌تواند باعث افزایش سطح COX-2 در این سلول‌ها شود این امکان وجود دارد که بخشی از تاثیرات ال آرژنین بر افزایش بیان ویسفاتین از طریق افزایش سطح COX-2 باشد. به منظور بررسی این روند در این آزمایش به‌طور همزمان از سلکوکسیب و ال آرژنین و L-NAME استفاده شد که در هر دو مورد کاهش سطح ویسفاتین، با میزان کاهش آن در گروهی که سلکوکسیب را به تنهایی دریافت کرده بودند یکسان بود. لذا به نظر می‌رسد در این فرایند COX-2 مدیاتور اصلی افزایش سطح ویسفاتین بوده و این مسئله مستقل از تاثیر مسیر نیتروژیک صورت می‌گیرد. از نتایج مطالعات گذشته به دست می‌آید که تغییر در سطح ویسفاتین مستقل از تغییرات سطح گلوکز است (۲۶). ال آرژنین و L-NAME همانند سلکوکسیب باعث کاهش سطح گلوکز می‌شوند در حالی که کاهش سطح ویسفاتین تنها در گروه دریافت کننده سلکوکسیب دیده می‌شود. در مطالعه حاضر تجویز ۱۴ روز L-NAME سبب کاهش سطح انسولین شد. نتایج برخی از مطالعات گذشته نشان می‌دهد که L-NAME سبب مهار ترشح انسولین از سلول‌های ایزوله‌ی بافت پانکراس انسانی و نیز در رت‌ها می‌شود (۳۸). همچنین ترشح انسولین در افراد سالم را نیز کاهش می‌دهد. این یافته‌ها نشان دهنده‌ی تاثیر NO بر ترشح انسولین است و البته در تناقض با مطالعاتی است که نشان می‌دهد مهار NOS باعث افزایش سطح انسولین در بافت ایزوله‌ی رت‌ها شده است (۳۹ و ۴۰). به نظر می‌رسد تاثیر NO بر ترشح انسولین به سطوح غلظتی آن وابسته باشد، به گونه‌ای که در غلظت‌های پایین NO از طریق مسیر وابسته به CGMP باعث افزایش ترشح انسولین می‌شود، در حالی که در غلظت‌های بالا از طریق افزایش تولید پروکسی‌نیتريت و تخریب سلول‌های بتا نقش مهاري در ترشح انسولین دارد (۴۱). نتایج مطالعه حاضر بیان‌گر آن است که تزریق ۱۴ روز ال آرژنین باعث کاهش سطح گلوکز خون بدون تاثیر بر سطح انسولین شده است. بررسی‌های Mendes و

بحث است که تغییرات سطح انسولین و گلوکز بتواند نقش کلیدی در تنظیم بیان ویسفاتین داشته باشند. برای مثال همزمانی استفاده از سلکوکسیب و ال آرژنین باعث افزایش اثر سلکوکسیب بر روی سطح قند خون و افزایش سطوح انسولین شد، اگر چه بر روی سطح ویسفاتین تاثیر چندانی نداشت. این مسئله به طور حتم مشخص شده که افزایش سطح ویسفاتین می‌تواند از طریق مسیر COX-2 در مطالعه‌ی ما ایجاد شده باشد. به نظر می‌رسد که تاکنون گزارشی مبنی بر نقش COX-2 بر روی سطح پلاسمایی ویسفاتین ارائه نشده است. اما ارتباط مثبت بین COX-2 با سایر سایتوکاین‌ها از جمله لپتین بررسی شده است (۲۷). لپتین یکی از فعال‌کننده‌های اصلی پروتئین‌کیناز فعال‌شده با آدنوزین مونوفسفات (AMPK) است (۲۸) که نقش مهمی در شرایط دیابت ایفا می‌کند و در کاهش ترشح انسولین (۲۹) و افزایش سطح ویسفاتین (۳۰) نقش دارد. لذا این احتمال وجود دارد که تاثیرات COX-2 بر روی بیان ویسفاتین از طریق تاثیر آن بر روی فعالیت AMPK باشد، اگرچه تحقیقات بیشتر مورد نیاز است. از طرف دیگر بسیاری از مطالعات به بیان پایه ایزوآنزیم‌های eNOS و nNOS در سلول‌های بتا و هم چنین حضور iNOS در برخی بیماری‌ها از جمله دیابت اشاره دارد (۳۱ و ۳۲). نقش NO در دیابت همچنان مورد بحث است. برخی از مطالعات به تاثیرات حفاظتی NO بر روی سلول‌های بتا (۳۳ و ۳۴) و برخی به نقش مخرب آن در سلول‌های بتا اشاره می‌کند (۳۵ و ۳۶). نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که درمان ۱۴ روز با ال آرژنین باعث افزایش سطح ویسفاتین شد. از طرف دیگر L-NAME تاثیر مشخصی بر روی سطح ویسفاتین نداشت. سایتوکاین‌های پیش التهابی باعث افزایش سطح ویسفاتین در دیابت می‌شوند (۳۷). همچنین افزایش سطح iNOS و در نتیجه افزایش تولید NO در حضور ال آرژنین در دیابت به اثبات رسیده است (۳۳). با توجه به آن که NOS و COX-2 در سلول‌های بتا بیان می‌شوند و NO

نتیجه گیری

بطور خلاصه می‌توان نتیجه گیری کرد که بر طبق فرضیه ابتدایی سطح ویسفاتین در زمان دیابت افزایش می‌یابد و مسیر سیکلواکسیژناز در مقایسه با مسیر نیتروژنیک تاثیر بیشتری در تغییر سطح سرمی ویسفاتین در زمان دیابت ایفا می‌کند. ضمن آن که بنظر می‌رسد روند تغییرات ویسفاتین مستقل از تغییرات گلوکز و انسولین بوده و بکارگیری همزمان ال آرژنین و یا L-NAME با سلوکسیب باعث تقویت اثر آن در تغییرات سطح گلوکز خون می‌شود.

تشکر و قدردانی

با سپاس از دکتر اصغر قاسمی (مرکز تحقیقات غدد درون ریز و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران) و دکتر محمد سلیمیان (آزمایشگاه تحقیقات پلاکت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان) بخاطر راهنمایی‌های ارزنده ایشان در انجام طرح.

همکاران نشان داد که تزریق ادامه‌دار ال آرژنین در موش‌های دیابتی باعث کاهش سطح گلوکز در سرم و افزایش ترشح انسولین می‌شود (۴۲). در نتایج مطالعات متعدد این مسئله که حضور NO جهت ورود گلوکز به سلول‌ها در بیماران دیابتی و نیز در افراد غیر دیابتی ضروری است بیان شده است (۴۳). لذا به نظر می‌رسد که ال آرژنین باعث تقویت ورود گلوکز به سلول‌ها شده بدون آن که بر سطح انسولین تاثیرگذار باشد.

نکته قابل توجه در این مطالعه آن است که هم ال آرژنین و هم L-NAME باعث تقویت اثر سلوکسیب در کاهش قندخون و افزایش سطح انسولین شده‌اند. افزایش بیان COX-2 از طریق میان‌کنش بین مسیرهای PGE-2 و NO گزارش شده است (۴۴). به علاوه تزریق مهارکننده‌ی iNOS باعث کاهش تولید PGE-2 می‌شود (۴۵). به نظر می‌رسد که سیستم نیتروژنیک باعث تنظیم بیان PGE-2 و COX می‌شود اما این مسئله چندان مشخص نیست که چرا هر دوی L-NAME و ال آرژنین باعث تقویت اثر سلوکسیب می‌شود. مکانیسم احتمالی آن است که ال آرژنین باعث افزایش سطح eNOS شده و همزمان iNOS را مهار می‌کند (۴۶) و L-NAME اثر غیراختصاصی بر مهار هر سه نوع ایزوفرم دارد (۴۱).

Reference

1. Nam S, Chesla C, Stotts NA, Kroon L, Janson SL. Barriers to diabetes management: patient and provider factors. *Diabetes research and clinical practice*. 2011;93:1-9.
2. Organization WH. Diabetes fact sheet No. 312, URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/index.html> [accessed March 2013][WebCite Cache].2015
3. Nolan CJ, Damm P, Prentki M. Type 2 diabetes across generations: from pathophysiology to prevention and management. *The Lancet*. 2011;378:169-81.
4. Organization WH. Use of glycated haemoglobin (HbA1c) in diagnosis of diabetes mellitus: abbreviated report of a WHO consultation. 2011.
5. Wajchenberg BL. Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome. *Endocrine reviews*. 2000;21:697-738.
6. Stuart MJ, Baune BT. Depression and type 2 diabetes: inflammatory mechanisms of a psychoneuroendocrine co-morbidity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2012;36:658-76.
7. Kershaw EE, Flier JS. Adipose tissue as an endocrine organ. *J of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2004;89:2548-56.

8. Costford SR, Bajpeyi S, Pasarica M, Albarado DC, Thomas SC, Xie H, et al. Skeletal muscle NAMPT is induced by exercise in humans. *AJP -Endocrinology and Metabolism*. 2010;298:E117-E26.
9. Chang Y-C, Chang T-J, Lee W-J, Chuang L-M. The relationship of visfatin/pre-B-cell colony-enhancing factor/nicotinamide phosphoribosyltransferase in adipose tissue with inflammation, insulin resistance, and plasma lipids. *Metabolism*. 2010;59:93-99.
10. Krause M, Rodrigues-Krause J, O'Hagan C, De Vito G, Boreham C, Susta D, et al. Differential nitric oxide levels in the blood and skeletal muscle of type 2 diabetic subjects may be consequence of adiposity: a preliminary study. *Metabolism*. 2012;61:1528-37.
11. Wood AJ, FitzGerald GA, Patrono C. The coxibs, selective inhibitors of cyclooxygenase-2. *NEJM*. 2001;345:433-42.
12. Luo P, Wang M-H. Eicosanoids, β -cell function, and diabetes. *Prostaglandins & Other Lipid Mediators*. 2011;95:1-10.
13. Toda N, Ayajiki K, Okamura T. Cerebral blood flow regulation by nitric oxide: recent advances. *Pharmacological reviews*. 2009;61:62-97.
14. Corbett JA, Kwon G, Turk J, McDaniel ML. IL-1. β . induces the coexpression of both nitric oxide synthase and cyclooxygenase by Islets of Langerhans: activation of cyclooxygenase by nitric oxide. *Biochemistry*. 1993;32:13767-70.
15. Kingwell BA, Formosa M, Muhlmann M, Bradley SJ, McConell GK. Nitric oxide synthase inhibition reduces glucose uptake during exercise in individuals with type 2 diabetes more than in control subjects. *Diabetes*. 2002;51:2572-80.
16. Tabatabaie T, Waldon AM, Jacob JM, Floyd RA, Kotake Y. COX-2 inhibition prevents insulin-dependent diabetes in low-dose streptozotocin-treated mice. *Biochemical and biophysical research communications*. 2000;273:699-704.
17. Moschen AR, Kaser A, Enrich B, Mosheimer B, Theurl M, Niederegger H, et al. Visfatin, an adipocytokine with proinflammatory and immunomodulating properties. *J of Immunology*. 2007;178:1748-58.
18. Bo S, Ciccone G, Baldi I, Gambino R, Mandrile C, Durazzo M, et al. Plasma visfatin concentrations after a lifestyle intervention were directly associated with inflammatory markers. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2009;19:423-30.
19. Gosset M, Berenbaum F, Salvat C, Sautet A, Pigenet A, Tahiri K, et al. Crucial role of visfatin/pre-B cell colony-enhancing factor in matrix degradation and prostaglandin E2 synthesis in chondrocytes: Possible influence on osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism*. 2008;58:1399-409.
20. Fujita H, Kakei M, Fujishima H, Morii T, Yamada Y, Qi Z, et al. Effect of selective cyclooxygenase-2 (COX-2) inhibitor treatment on glucose-stimulated insulin secretion in C57BL/6 mice. *Biochemical and biophysical research communications*. 2007;363:37-43.
21. Robertson RP. Dominance of cyclooxygenase-2 in the regulation of pancreatic islet prostaglandin synthesis. *Diabetes*. 1998;47:1379-83.
22. Tran POT, Gleason CE, Poitout V, Robertson RP. Prostaglandin E2 mediates inhibition of insulin secretion by interleukin-1 β . *Journal of Biological Chemistry*. 1999;274:31245-8.
23. Lopez-Bermejo A, Chico-Julià B, Fernández-Balsells M, Recasens M, Esteve E, Casamitjana R, et al. Serum visfatin increases with progressive β -cell deterioration. *Diabetes*. 2006;55:2871-5.
24. Chen M-P, Chung F-M, Chang D-M, Tsai JC-R, Huang H-F, Shin S-J, et al. Elevated plasma level of visfatin/pre-B cell colony-enhancing factor in patients with type 2 diabetes mellitus. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2006;91:295-9.

25. Toruner F, Altinova A, Bukan N, Arslan E, Akbay E, Ersoy R, et al. Plasma visfatin concentrations in subjects with type 1 diabetes mellitus. *Hormone Research in Paediatrics*. 2009;72:33-7.
26. Haider D, Schaller G, Kapiotis S, Maier C, Luger A, Wolzt M. The release of the adipocytokine visfatin is regulated by glucose and insulin. *Diabetologia*. 2006;49:1909-14.
27. Fain JN, Leffler CW, Bahouth SW. Eicosanoids as endogenous regulators of leptin release and lipolysis by mouse adipose tissue in primary culture. *Journal of lipid research*. 2000;41:1689-94.
28. Sarnowska E, Balcerak A, Olszyna-Serementa M, Kotlarek D, Sarnowski TJ, Siedlecki JA. [AMP-activated protein kinase (AMPK) as therapeutic target]. *Postepy higieny i medycyny doswiadczalnej (Online)*. 2012;67:750-60.
29. Fisher JS, Gao J, Han D-H, Holloszy JO, Nolte LA. Activation of AMP kinase enhances sensitivity of muscle glucose transport to insulin. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*. 2002;282:E18-E23.
30. Brandauer J, Vienberg SG, Andersen MA, Ringholm S, Risis S, Larsen PS, et al. AMP-activated protein kinase regulates nicotinamide phosphoribosyl transferase expression in skeletal muscle. *The Journal of physiology*. 2013;591:5207-20.
31. Nakada S, Ishikawa T, Yamamoto Y, Kaneko Y, Nakayama K. Constitutive nitric oxide synthases in rat pancreatic islets: direct imaging of glucose-induced nitric oxide production in β -cells. *Pflügers Archiv*. 2003;447:305-11.
32. Mosén H, Stenson C-G, Lundquist I, Alm P, Henningsson R, Jimenez-Feltström J, et al. Impaired glucose-stimulated insulin secretion in the GK rat is associated with abnormalities in islet nitric oxide production. *Regulatory peptides*. 2008;151:139-46.
33. Schmidt HH, Warner TD, Ishii K, Sheng H, Murad F. Insulin secretion from pancreatic B cells caused by L-arginine-derived nitrogen oxides. *Science*. 1992;255:721-3.
34. Spinass G, Laffranchi R, Francoys I, David I, Richter C, Reinecke M. The early phase of glucose-stimulated insulin secretion requires nitric oxide. *Diabetologia*. 1998;41:292-9.
35. Jones P, Persaud S, Bjaaland T, Pearson J, Howell S. Nitric oxide is not involved in the initiation of insulin secretion from rat islets of Langerhans. *Diabetologia*. 1992;35:1020-7.
36. Weigert N, Dollinger M, Schmid R, Schusdziarra V. Contribution of neural intrapancreatic non-cholinergic non-adrenergic mechanisms to glucose-induced insulin release in the isolated rat pancreas. *Diabetologia*. 1992;35:1133-9.
37. Tilg H, Moschen A. Role of adiponectin and PBEF/visfatin as regulators of inflammation: involvement in obesity-associated diseases. *Clinical science*. 2008;114:275-88.
38. Natali A, Ribeiro R, Baldi S, Tulipani A, Rossi M, Venturi E, et al. Systemic inhibition of nitric oxide synthesis in non-diabetic individuals produces a significant deterioration in glucose tolerance by increasing insulin clearance and inhibiting insulin secretion. *Diabetologia*. 2013;56:1183-91.
39. Eckersten D, Henningsson R. Nitric oxide (NO)—Production and regulation of insulin secretion in islets of freely fed and fasted mice. *Regulatory peptides*. 2012;174:32-7.
40. Panagiotidis G, Kesson B, Rydell EL, Lundquist I. Influence of nitric oxide synthase inhibition, nitric oxide and hydroperoxide on insulin release induced by various secretagogues. *British journal of pharmacology*. 1995;114:289-96.
41. Kurohane Kaneko Y, Ishikawa T. Dual Role of Nitric Oxide in Pancreatic β -Cells. *Journal of pharmacological sciences*. 2013;123:295-300.
42. Mendez J, Balderas F. Regulation of hyperglycemia and dyslipidemia by exogenous L-arginine in diabetic rats. *Biochimie*. 2001;83:453-8.

43. Dai Z, Wu Z, Yang Y, Wang J, Satterfield MC, Meininger CJ, et al. Nitric oxide and energy metabolism in mammals. *Biofactors*. 2013;39:383-91.
44. Pelletier J-P, Lascau-Coman V, Jovanovic D, Fernandes J, Manning P, Connor J, et al. Selective inhibition of inducible nitric oxide synthase in experimental osteoarthritis is associated with reduction in tissue levels of catabolic factors. *The Journal of rheumatology*. 1999;26:2002-14.
45. Nogawa S, Forster C, Zhang F, Nagayama M, Ross ME, Iadecola C. Interaction between inducible nitric oxide synthase and cyclooxygenase-2 after cerebral ischemia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1998;95:10966-71.
46. Claybaugh T, Decker S, McCall K, Slyvka Y, Steimle J, Wood A, et al. L-Arginine Supplementation in Type II Diabetic Rats Preserves Renal Function and Improves Insulin Sensitivity by Altering the Nitric Oxide Pathway. *International journal of endocrinology*. 2014;8:1-7.