

## اثرات حفاظت کبدی بتائین در مقابل استرس اکسیداتیو ناشی از لوودوپا و بنسرازید در موش‌های صحرائی

مسعود علیرضایی\*<sup>۱</sup>، کبری چهاری<sup>۲</sup>

### چکیده:

مقدمه: بتائین دارای خواص دهنندگی گروه متیل و آنتی‌اکسیدانی است. بنابراین، هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی غلظت پلاسمایی هموسیستئین و ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی بتائین به دنبال تجویز داروهای لوودوپا و بنسرازید در کبد موش‌های صحرائی است که معمولاً در درمان بیماری پارکینسون استفاده می‌شوند.

روش بررسی: موش‌های صحرائی نر از نژاد اسپراگ-داولی به وسیله لوودوپا (LD)، بتائین (Bet.)، لوودوپا+بتائین (LD/Bet)، لوودوپا+بنسرازید (LD/Ben) و لوودوپا+بتائین+بنسرازید (LD/Bet.-Ben) و آب مقطر برای گروه کنترل به مدت ده روز پیوسته به صورت خوراکی درمان شدند. غلظت هموسیستئین پلازما به روش الیزا و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مقدار پراکسیداسیون لیپید به روش‌های شیمیایی اندازه‌گیری شدند. همچنین غلظت دوپامین سرم با استفاده از روش HPLC تعیین گردید و نتایج با استفاده از آزمون واریانس یکطرفه تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج: درمان موش‌های صحرائی با لوودوپا و بنسرازید، غلظت هموسیستئین کل پلازما (tHcy) را به طور معنی‌داری در گروه لوودوپا+بنسرازید در مقایسه با گروه‌های دیگر افزایش داد ( $p < 0/05$ ) همچنین tHcy در گروه لوودوپا در مقایسه با گروه‌های کنترل، بتائین و لوودوپا+بتائین به طور معنی‌داری بالاتر بود ( $p < 0/05$ ). میزان پراکسیداسیون لیپید (TBARS) در کبد به طور معنی‌داری در گروه‌های لوودوپا و لوودوپا+بنسرازید نسبت به گروه کنترل افزایش داشت و این شاخص به وسیله درمان با بتائین کاهش یافت ( $p < 0/05$ ). در حالی که، فعالیت آنزیم‌های گلوکوتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز (GPx, SOD) در کبد به طور معنی‌داری در موش‌های درمان شده با لوودوپا در مقایسه با گروه لوودوپا+بتائین+بنسرازید افزایش یافت ( $p < 0/05$ ). غلظت دوپامین سرم به طور معنی‌داری در موش‌های درمان شده با لوودوپا+بنسرازید در مقایسه با گروه‌های لوودوپا و لوودوپا+بتائین کاهش یافت ( $p < 0/05$ ).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد، بتائین به عنوان یک ماده آنتی‌اکسیدان در خصوص کاهش استرس اکسیداتیو ناشی از مصرف داروهای لوودوپا و بنسرازید عمل می‌کند و قادر است اثرات اکسیداتیو آنها را بر بافت کبد کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: هموسیستئین، دوپامین، بتائین، کبد، لوودوپا، بنسرازید

۱- استادیار گروه بیوشیمی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- کارشناس ارشد بیوشیمی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

\* (نویسنده مسئول): تلفن: ۰۶۶۱-۶۲۰۰۱۰۹، پست الکترونیک: alirezai\_m54@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۲۷

## مقدمه

بتائین به عنوان یک ترکیب چهارتایی آمونیوم که به اسامی تری متیل گلیسین، گلیسین بتائین و اکسی نورین هم شناخته شده است در میکروارگانیسم‌ها، گیاهان و حیوانات وجود دارد. این ترکیب مشتقی از اسید آمینه گلیسین با فرمول شیمیایی  $(CH_3)_3N+CH_2COO^-$  است و به صورت متیل آمین دارای سه گروه فعال از نظر بیوشیمیایی می‌باشد (۱،۲). یکی از راه‌های سنتز متیونین استفاده از آنزیم بتائین-هموسیستئین متیل ترانسفراز (BHMT) است که این واکنش نیاز به ویتامین B<sub>12</sub> یا تراهایدروفولات ندارد و گروه‌های متیل از طریق جیره حاوی کولین فراهم می‌گردند. کولین در کبد توسط آنزیم کولین دهیدروژناز تبدیل به بتائین می‌گردد و آنگاه گروه متیل از آن به هموسیستئین منتقل می‌گردد (۳). هموسیستئینیا ملایم در کوتاه مدت و طولانی مدت به وسیله تجویز ترکیب ویتامین B<sub>6</sub>، اسید فولیک و بتائین یا بتائین به تنهایی با دوز روزانه ۶-۱/۵ گرم درمان شده است. همچنین بتائین و نه اسید فولیک در پیشگیری از افزایش هموسیستئین ناشی از تجویز متیونین موثر بوده است. استفاده از مکمل‌های بتائین در جیره مدل‌های حیوانی نشان داده شده است که موجب اصلاح موارد غیرنرمال در الکیسم مزمن از جمله: افزایش هموسیستئین می‌شود (۱،۲). یکی دیگر از عملکردهای بتائین، به دام انداختن گروه کوئینون حاصل از متابولیسم لوودوپا (LD)، داروی مورد استفاده در درمان بیماری پارکینسون) نیز می‌باشد که در این خصوص تجویز LD سبب کاهش S-آدنوزیل متیونین (SAM) حاصل از بتائین شده است (۴). همچنین لوودوپا باعث مرگ سلول‌های PC<sub>12</sub> در محیط آزمایشگاه شده است (۵).

هیپرهموسیستئینیا (Hyperhomocysteinemia) بالا بودن میزان هموسیستئین در پلاسما یا سرم است که اغلب به علت باند شدن به پروتئین‌های پلاسما در پلاسما اندازه‌گیری می‌شود و افزایش آن بیانگر عدم توازن واکنش‌های متیلاسیون در بدن است (۱). خاصیت توکسیسیته عصبی

(Neurotoxicity) برای هموسیستئین گزارش شده است. هنگامی که در متابولیسم هموسیستئین توسط مسیرهای متیونین سنتاز و سیتاتیونین بتا-سنتاز اختلال ایجاد شود، واکنش‌های متیلاسیون متوقف می‌گردد (۱،۲). مطالعات آزمایشگاهی نشان داده است که دو تا از آنزیم‌های متیل ترانسفراز وابسته به متیلاسیون کتکول آمین‌ها از جمله آنزیم کتکول O-methyl (Catechol O-methyl Transferase: COMT) و آنزیم فنیل اتانول آمین N-methyl (Phenylethanol amine N-Methyl Transferase: PNMT) به طور معنی‌داری با افزایش غلظت هموسیستئین در بافت عصبی مهار می‌گردند. علاوه بر این غلظت S-آدنوزیل هموسیستئین (SAH) در بافت مغز افراد مبتلا به آلزایمر به طور معنی‌داری با میزان فعالیت آنزیم‌های COMT و PNMT وابسته است و مارکر مناسبی جهت بیان ضایعات نرودژنراتیو است (۶،۷). هموسیستئین باعث تسهیل خاصیت توکسیسیته تحریکی (Excitotoxicity) گردیده و منجر به افزایش صدمه به اعصاب و مرگ سلولی می‌گردد. نرودژنراتیو توکسیسیته ممکن است به واسطه افزایش رادیکال‌های آزاد باشد و مطالعه با استفاده از کشت سلول‌های نورونی نشان داده است که هموسیستئین با فلزهای انتقالی از جمله آهن و مس وارد واکنش می‌شود و باعث تقویت توکسیسیته اکسیداتیو و آسیب نورونی می‌گردد (۳،۶،۷).

نظر به اینکه بیماری پارکینسون (PD) جزء بیماری نرودژنراتیو محسوب می‌گردد، افزایش هموسیستئین پلاسما همراه با کاهش دوپامین در پلاسما این افراد رخ می‌دهد. علاوه بر این تزریق سیستمیک هموسیستئین نیز سبب کاهش نرودژنراتیو مغزی دوپامین در بیماری پارکینسون می‌گردد (۸). داروی رایج برای درمان بیماران PD، لوودوپا است که پس از عبور از سد خونی-مغزی در مغز تبدیل به دوپامین می‌گردد. مشخص شده است که تجویز LD خود باعث افزایش هموسیستئین می‌گردد و این افزایش خود در پیشرفت بیماری مؤثر است (۹،۱۰). همچنین میزان

کبد نیز سنجیده شد. در واقع در این مطالعه بررسی شد که آیا استرس اکسیداتیو ناشی از لوودوپا و بنسرازید در م غز و مخچه باعث آسیب اکسیداتیو در کبد موش‌های صحرایی نیز می‌گردد و اثر درمانی بتائین در این خصوص چگونه است.

### روش بررسی

۴۲ موش صحرایی بالغ نر از نژاد اسپراگ-داولی (وزن ۱۷۰-۱۵۰ گرم) در یک شرایط طبیعی از نظر نور و دما با دسترسی آزاد به آب و غذا نگهداری شدند. موش‌ها به طور کاملاً اخلاقی و طبق پروتکل اخلاقی (SM 90.36) دانشگاه علوم پزشکی لرستان درمان شدند. همه آزمایشات در ساعات ۸ صبح تا ۵ عصر برای جلوگیری از تغییرات ریتم شبانه روزی انجام گردید.

موش‌های صحرایی به شش گروه مساوی تقسیم گردیدند. وزن‌گیری و مصرف غذا در فواصل ۵ روزه مشخص گردید و به مدت ۱۰ روز پیوسته به صورت خوراکی با استفاده از گاوژ درمان گردیدند. گروه‌ها به صورت زیر درمان شدند: گروه کنترل دریافت یک میلی لیتر آب مقطر، گروه لوودوپا که با لوودوپا به میزان  $3 \times 100$  میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن به صورت خوراکی در ساعات ۸/۵ صبح، ۱۲/۵ ظهر و ۴/۵ عصر درمان شدند، گروه بتائین که بتائین ۱/۵ درصد وزنی به وزنی جیره را در ساعت ۸ صبح دریافت کردند، گروه لوودوپا+بتائین با لوودوپا  $3 \times 100$  میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن در فواصل ۴ ساعته + بتائین ۱/۵ درصد وزنی به وزنی جیره در ساعت ۸ صبح درمان شدند، گروه لوودوپا+بنسرازید که با لوودوپا  $3 \times 100$  میلی گرم بر کیلوگرم و بنسرازید  $3 \times 25$  میلی گرم بر کیلوگرم در فواصل ۴ ساعته دریافت نمودند و در نهایت گروه لوودوپا+بتائین+بنسرازید که با لوودوپا، بتائین و بنسرازید مطابق با دوزهای ذکر شده فوق درمان شدند. روزانه قبل از تجویز، بتائین، لوودوپا و بنسرازید در آب مقطر محلول گردیدند. دوزهای لوودوپا و بنسرازید بر اساس گزارش قبلی مشخص شد (۹) و دوز بتائین با توجه به کارهای قبلی نویسندگان تعیین گردید (۱۰، ۱۲، ۵، ۲). ۲ ساعت پس از آخرین

هموسیستئین در بیمارانی که با LD درمان شده‌اند، افزایش معنی‌داری نسبت به بیمارانی که درمان نشده‌اند، داشته است و افزایش هموسیستئین باعث مرگ و میر سلولی به واسطه اپوپتوز در مغز شده است (۱۰). از طرفی مشخص گردیده است که LD خود دچار اتواکسیداسیون می‌گردد و سبب افزایش رادیکال‌های آزاد از جمله هیدروکسیل می‌گردد. بنابراین در این بیماران اتواکسیداسیون LD و ایجاد استرس اکسیداتیو، بیماری را شدیدتر می‌کند و زمینه را برای بروز بیماری‌های قلبی فراهم می‌کند (۱۱، ۱۰، ۶). در سال‌های اخیر برای اینکه غلظت LD در قسمت نورون‌های دوپامینرژیک بالا باشد و این ترکیب در بافت‌های محیطی متابولیزه نگردد همراه با LD از مهارکننده‌های دوپا دکربوکسیلاز مانند بنسرازید (Benserazide) استفاده شده است (۱۳، ۱۲). گرچه استفاده از بنسرازید سبب بهبود علائم حرکتی در این بیماران شده است اما خود سبب افزایش هموسیستئین گردیده است (۱۳، ۱۲، ۹). افزایش هموسیستئین بیماری پارکینسون را پیچیده‌تر می‌کند (۱۵، ۱۴).

در مطالعات اخیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و دهنده‌گی گروه متیل بتائین در بافت‌های مخچه، بیضه و تخمدان موش‌های صحرایی مشاهده شد (۱۷، ۱۶، ۲، ۱) و به نظر می‌رسد بتائین با غلظت ۱/۵٪ جیره در کاهش پیچیدگی‌های ناشی از تجویز LD مؤثر باشد. در این خصوص مطالعه اخیر نویسندگان بیانگر استفاده از بتائین برای پیشگیری اثرات جانبی هموسیستئین ناشی از لوودوپا و بنسرازید در بافت کلیه می‌باشد (۱۸). بنابراین هدف از این مطالعه بررسی اثرات جانبی لوودوپا و بنسرازید (به عنوان دو داروی مهم در درمان بیماری پارکینسون) بر سطح هموسیستئین و دوپامین در خون و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بافت کبد به عنوان مهمترین ارگان در متابولیسم این داروها است. در این خصوص، میزان هموسیستئین در پلاسما و دوپامین در سرم اندازه‌گیری شد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز (GPx, SOD) و میزان پراکسیداسیون لیپید (از طریق ارزیابی TBARS) در بافت

به صورت میکرومول در لیتر پلاسما بیان گردید.

نمونه‌های کبد موش‌های صحرایی از حالت انجماد خارج و لوب‌های یکسانی از کبد به صورت دستی با استفاده از بافر فسفات (۱/، مولار با  $\text{PH}=7/4$ )، حاوی ۵ میلی‌مولار EDTA بر روی ازت مایع هموژنیزه شدند (۱،۲). محلول رویی به وسیله سانتریفیوژ در ۲۰۰۰ RPM به مدت ۱۵ دقیقه برای ارزیابی شاخص پراکسیداسیون لیپید (غلظت TBARS)، فعالیت آنزیم‌های GPx و SOD و اندازه‌گیری پروتئین برداشته شد. محتوای پروتئین از هموژنیزه‌ها با استفاده از روش لوری و به وسیله سرم آلبومین گاوی به عنوان استاندارد انجام گردید (۲۲).

میزان پراکسیداسیون لیپید در بافت هموژنیزه کبد به وسیله تعیین مقدار مواد واکنش دهنده با اسید تیوباربیتوریک بر اساس روش قبلی اندازه‌گیری شد (۱،۲،۱۲). به طور خلاصه ۴۰ میکرولیتر از بافت هموژنیزه به ۴۰ میکرولیتر سدیم کلرید ۰/۹٪ و ۴۰ میکرولیتر آب مقطر دیونیزه اضافه شده و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد. سپس با استفاده از ۶۰۰ میکرولیتر اسید هیدروکلریک ۰/۸ مولار که حاوی تری‌کلرواستیک اسید ۱۲/۵٪ بود، واکنش متوقف گردید. پس از اضافه نمودن ۷۸۰ میکرولیتر تیوباربیتوریک اسید ۱٪، محلول به مدت ۲۰ دقیقه جوشانده شده و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سرد گردید. محلول سرد به مدت ۲۰ دقیقه با دور ۱۵۰۰ سانتریفیوژ گردید و میزان جذب نوری آن در طول موج ۵۳۲ نانومتر در مقابل بلانک، برای محاسبه مقدار مواد واکنش دهنده به اسید تیوباربیتوریک بکار گرفته شد. این میزان به صورت نانومول در میلی‌گرم پروتئین بافت (nmol/mg protein) بیان گردید.

فعالیت آنزیم گلوکوتاتیون پراکسیداز در بافت کبد با استفاده از کیت ارزیابی این آنزیم بر اساس دستورالعمل سازنده کیت اندازه‌گیری شد (۱،۲،۱۲). ارزیابی فعالیت آنزیم به وسیله اسپکتروفتومتر (S2000 UV model- WPA- UK (Cambridge، در مقابل بلانک در طول موج ۳۴۰ نانومتر

گاواژ موش‌ها با استفاده از بیهوشی خفیف با دی اتیل اتر کشته شدند. نمونه‌های خون از قلب برای تهیه سرم و پلاسما گرفته شد، سپس کبد از داخل محوطه شکمی خارج گردید و با استفاده از بافر فسفات تمیز شد. نمونه‌های سرم، پلاسما و کبد در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایشات به مدت ۲ ماه نگهداری شدند.

مواد مورد استفاده در این مطالعه شامل: دوپامین هیدروکلراید، متانول و تیوباربیتوریک اسید (مرک- آلمان)، کیت‌های ارزیابی آنزیم‌های GPx، SOD، (راندوکس - انگلیس)، و بنسرازید (روش- نیوزلند)، بتائین (بتافین ۰/۹۶٪) (بیوکم- آلمان)، کیت ارزیابی هموسیستئین اگزیز (اگزیز شیلد- انگلیس) بود و لوودوپا با حمایت معنوی شرکت جالینوس استان البرز- کرج فراهم گردید. بقیه مواد از درجه خالص بودند.

غلظت دوپامین در سرم با استفاده از روش HPLC همچنان که قبلاً توضیح داده شده است (۱۹) اندازه‌گیری شد. به طور خلاصه ۲۵۰ میکرولیتر سرم با استفاده از ۱۲۵ میکرولیتر اسید پرکلریک ۲ مولار رسوب داده شده و به مدت ۱۰ دقیقه در ۵۰۰۰ RPM سانتریفیوژ گردید و مایع رویی ۲۰ میکرولیتر به دستگاه HPLC (شیمادزو- ژاپن) تزریق گردید. کروماتوگرافی مایع با فاز معکوس با دتکتور UV و ستون فاز معکوس  $\text{mm}18\text{-}4/6\text{RP-}250 \times 4$  و  $5\mu\text{M}$  قطر ذرات در این مطالعه استفاده گردید. مخلوطی از بافر فسفات  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ؛  $\text{PH}=2/5$  و متانول با نسبت مساوی و جریان یک میلی‌لیتر در دقیقه به عنوان فاز متحرک استفاده گردید. دمای ستون در ۳۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از آون (CTO -10 ASVP) نگهداری شد. غلظت دوپامین به صورت میلی‌مولار در میلی‌لیتر از سرم (mmol/ml) بیان شد.

هموسیستئین کل از پلاسما که به مجموع باند شده به پروتئین، فرم اکسید شده و فرم احیاء آن برمی‌گردد به وسیله یک کیت آنزیماتیک هموسیستئین بر اساس روش الیزا رقابتی مشخص گردید (۱،۲۰،۲۱) و غلظت هموسیستئین کل

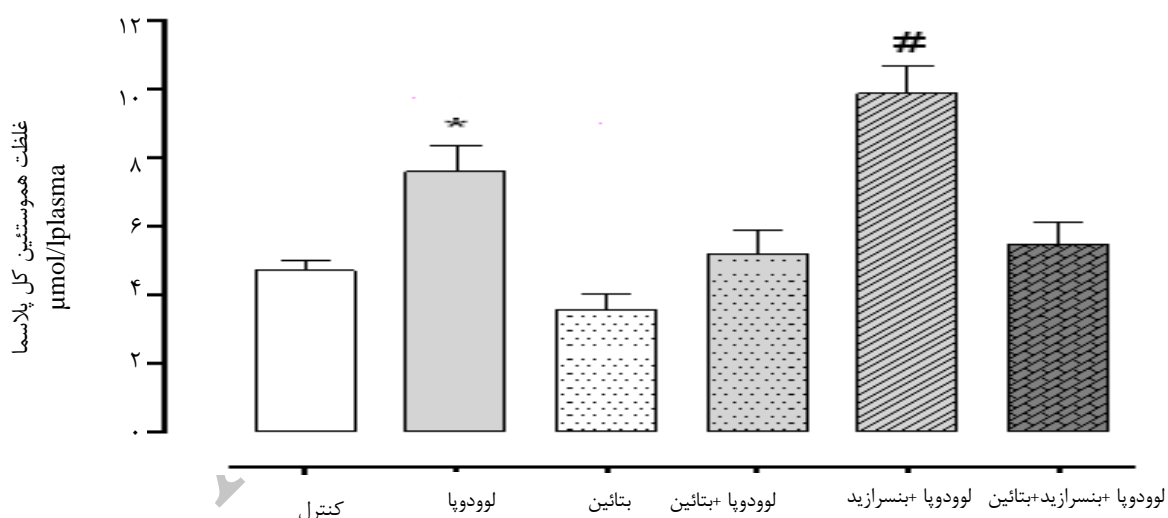
نسخه ۱۹ انجام گردید. تمام متغیرها برای نرمال بودن واریانس‌ها به وسیله تست آماری لوون بررسی شدند. همه نتایج به صورت میانگین  $\pm$  خطای معیار بیان شدند. تفاوت آماری بین همه گروه‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه و تست پشتیبان توکی انجام گرفت و سطح آماری کمتر از  $p < 0.05$  در نظر گرفته شد.

### نتایج

درمان موش‌های صحرایی با لوودوپا+بنسرازید (لوودوپا+مهارکننده دوپا دکربوکسیلاز) به طور معنی‌داری غلظت هموسیتئین کل پلاسما (tHcy) را در گروه لوودوپا+بتائین (LD/Ben) در مقایسه با گروه‌های دیگر افزایش داد ( $p < 0.05$ ). در حالی که تجویز بتائین در گروه LD/Bet توانست از افزایش tHcy نسبت به گروه لوودوپا LD جلوگیری کند ( $p < 0.05$ ) (شکل ۱).

انجام گرفت. فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز به صورت واحد (U/mg protein) بیان گردید. (یک واحد از آنزیم چنین تعریف می‌شود: میزانی از آنزیم در میلی‌گرم پروتئین بافت که یک میکرومول از NADH را در واحد زمان (یک دقیقه) تبدیل به NAD می‌کند).

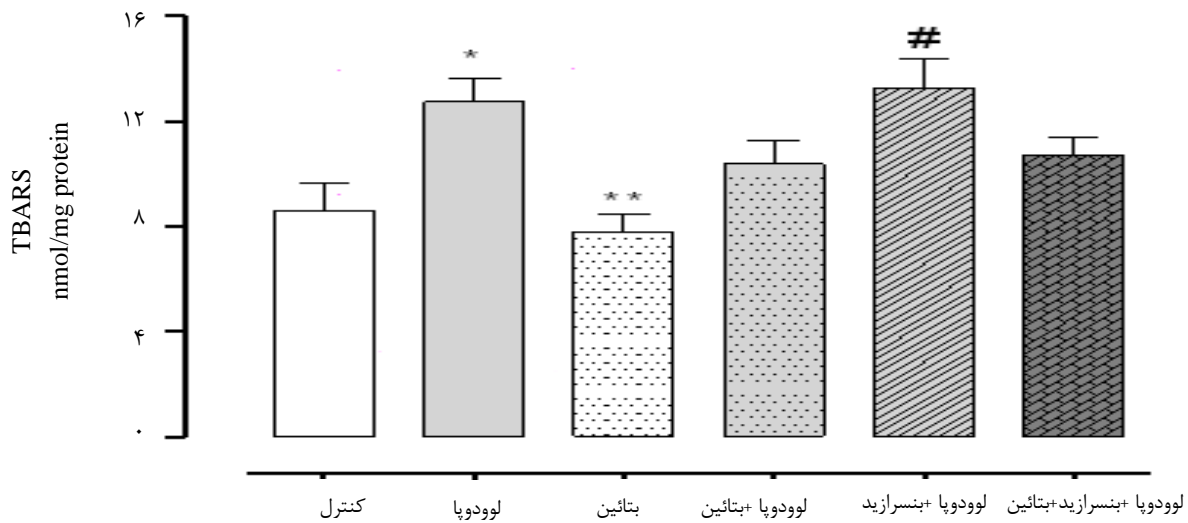
فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در بافت کبد با استفاده از کیت ارزیابی این آنزیم بر اساس دستورالعمل سازنده کیت اندازه‌گیری شد (۲۰۱۲). یک واحد از سوپراکسید دیسموتاز مقداری از آنزیم است که موجب مهار ۵۰٪ از واکنش احیاء ۲-۴-یدوفنیل ۳-۴-نیتروفنیل-۵-فنیل تترازولیوم (I.N.T) تحت شرایط آزمایش می‌شود. ارزیابی فعالیت به وسیله اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۰۵ نانومتر انجام گرفت و به صورت واحد در میلی‌گرم پروتئین بافت (U/mg protein) بیان گردید. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS



شکل ۱: اثرات درمان با لوودوپا، بتائین و بنسرازید بر غلظت هموسیتئین پلاسما در میان گروه‌های درمان و کنترل (تعداد ۷ موش در هر گروه) مقادیر بیانگر میانگین  $\pm$  خطای معیار از هموسیتئین کل (میکرومول در لیتر پلاسما) است. # تفاوت آماری بین گروه لوودوپا+بنسرازید و بقیه گروه‌ها را نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ) \* تفاوت آماری بین گروه لوودوپا با گروه‌های کنترل، بتائین و لوودوپا+بتائین را نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ).

غلظت TBARS در موش‌های درمان شده با بتائین در مقایسه با گروه‌های لوودوپا و لوودوپا+بنسرازید کاهش یافت ( $p < 0.05$ )، (شکل ۲).

پراکسیداسیون لیپید (غلظت TBARS) به طور معنی‌داری در موش‌های درمان شده با لوودوپا و لوودوپا+بنسرازید در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت ( $p < 0.05$ ). همچنین

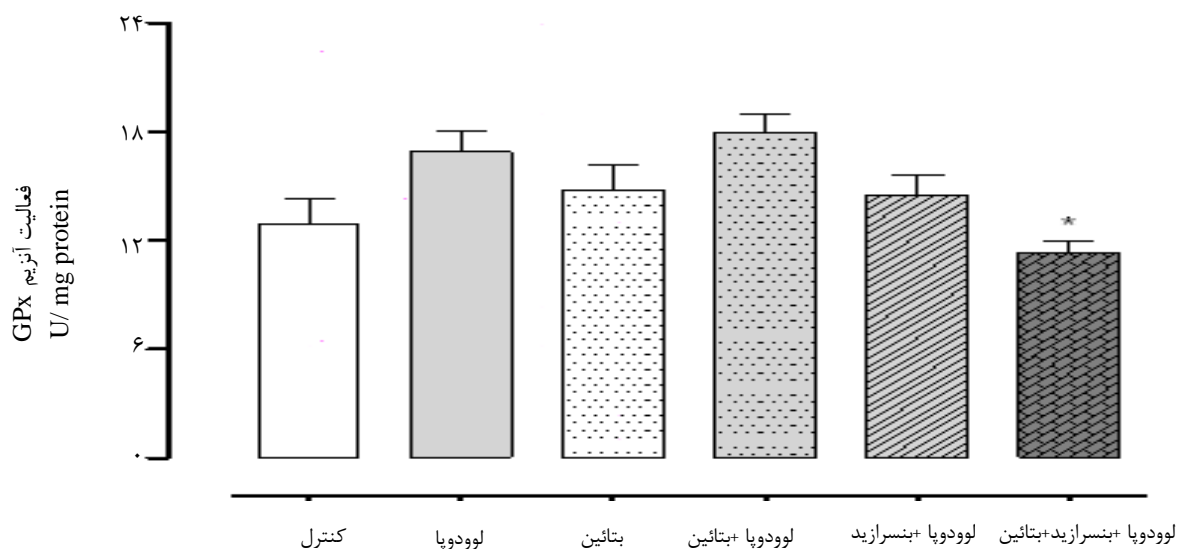


شکل ۲: اثرات درمان با لوودوپا، بتائین و بتسرازید بر غلظت مواد واکنش دهنده با اسید تیوباربیتریک (شاخص پراکسیداسیون لیپید) در گروه‌های درمان و کنترل (تعداد ۷ موش در هر گروه)

مقادیر بیانگر میانگین  $\pm$  خطای معیار از غلظت مواد واکنش دهنده با اسید تیوباربیتریک (نانومول در میلی‌گرم پروتئین از بافت کبد) است. \* تفاوت آماری را بین گروه لوودوپا با گروه کنترل نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ). # تفاوت آماری بین گروه لوودوپا+بتسرازید با گروه کنترل را نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ). \*\* تفاوت آماری را بین گروه بتائین با گروه‌های لوودوپا و لوودوپا+بتسرازید را نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ).

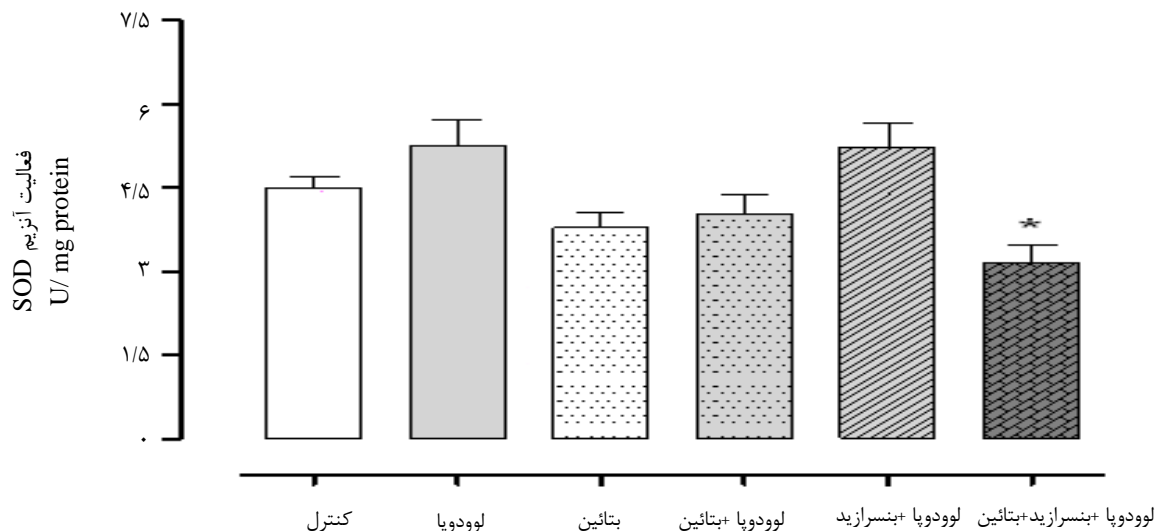
میانگین فعالیت آنزیم‌های گلووتاتیون پراکسیداز (GPx) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) از بافت کبد در گروه کنترل و گروه‌های مورد آزمایش در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. فعالیت آنزیم گلووتاتیون پراکسیداز به عنوان مهمترین آنزیم

آنتی‌اکسیدان در موش‌های درمان شده با لوودوپا+بتائین+بتسرازید به طور معنی‌داری در مقایسه با گروه‌های لوودوپا و لوودوپا+بتائین کاهش یافته است ( $p < 0.05$ )، (شکل ۳).



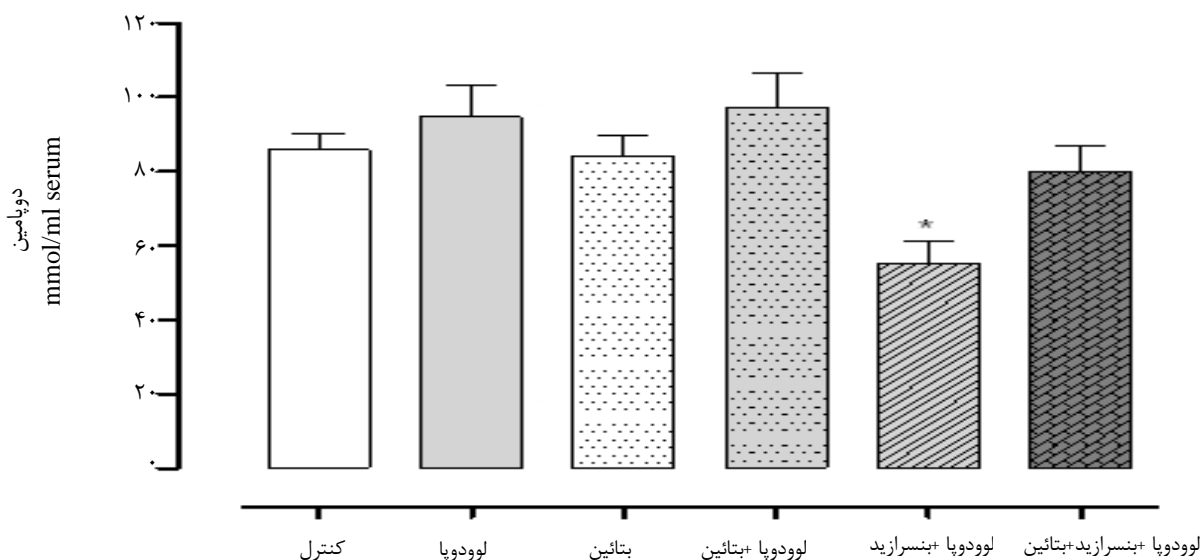
شکل ۳: اثرات درمان با لوودوپا، بتائین و بتسرازید بر فعالیت آنزیم گلووتاتیون پراکسیداز در گروه‌های درمان و کنترل (تعداد ۷ موش در هر گروه) مقادیر بیانگر میانگین  $\pm$  خطای معیار از فعالیت آنزیم GPx (واحد در میلی‌گرم پروتئین از بافت کبد) است. \* تفاوت آماری بین گروه لوودوپا+بتائین+بتسرازید با گروه‌های لوودوپا و لوودوپا+بتائین را نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ).

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، به عنوان یک آنزیم آنتی‌اکسیدان دیگر نیز در گروه لوودوپا+بتائین+بنسرازید به طور معنی‌داری در مقایسه با گروه‌های لوودوپا و لوودوپا+بتائین کاهش یافت ( $p < 0.05$ )، (شکل ۴).



شکل ۴: اثرات درمان با لوودوپا، بتائین و بنسرازید بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گروه‌های درمان و کنترل (تعداد ۷ موش در هر گروه) مقادیر بیانگر میانگین  $\pm$  خطای معیار از فعالیت آنزیم SOD (واحد در میلی‌گرم پروتئین از بافت کبد) است. \* تفاوت آماری بین گروه لوودوپا+بتائین+بنسرازید با گروه‌های لوودوپا و لوودوپا+بتائین را نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ).

در رابطه با متابولیسم لوودوپا در بافت‌های محیطی، غلظت دوپامین سرم به طور معنی‌داری در موش‌های درمان شده با لوودوپا در مقایسه با گروه لوودوپا+بنسرازید افزایش یافت ( $p < 0.05$ )، علاوه بر این، درمان با لوودوپا+بتائین سطح دوپامین سرم را به صورت معنی‌دار در مقایسه با درمان لوودوپا+بنسرازید افزایش داد ( $p < 0.05$ )، (شکل ۵).



شکل ۵: اثرات درمان با لوودوپا، بتائین و بنسرازید بر میزان دوپامین سرم در گروه‌های درمان و کنترل (تعداد ۷ موش در هر گروه) مقادیر بیانگر میانگین  $\pm$  خطای معیار از دوپامین (میلی مول در میلی لیتر سرم) است. \* تفاوت آماری بین گروه لوودوپا+بنسرازید با گروه‌های لوودوپا+بتائین و لوودوپا را نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ).

## بحث

شواهد فراوانی برای وجود استرس اکسیداتیو ناشی از لوودوپا در بیماران مبتلا به پارکینسون وجود دارند (۱۴) و بر اساس مطالعات قبلی مشخص گردید که مصرف مزمن لوودوپا و بنسرازید سبب افزایش استرس اکسیداتیو در کلیه (۱۸) و همچنین در بخش خاکستری مغز و مخچه می‌گردد. با این حال، هنوز تأثیر استرس اکسیداتیو افزایش یافته به وسیله لوودوپا و بنسرازید در بیماران مبتلا به پارکینسون سبب القاء استرس اکسیداتیو در بافت کبد، به عنوان مهمترین ارگان مسئول متابولیسم داروها، مشخص نیست. نتایج این مطالعه برای اولین بار اثرات آنتی‌اکسیدانی بتائین را در مقابل استرس اکسیداتیو ناشی از لوودوپا و بنسرازید در کبد موش‌های صحرایی نشان داد. در مطالعه حاضر مشخص گردید که بتائین سطح آنتی‌اکسیدانی کبد را افزایش و بالطبع آن پراکسیداسیون لیپید را کاهش می‌دهد. نتایج نشان دادند که درمان با لوودوپا+بنسرازید به عنوان داروی جدید در درمان بیماری پارکینسون استرس اکسیداتیو را در بافت کبد القاء می‌کند. علاوه بر این ترکیب لوودوپا+بنسرازید همچنین باعث افزایش هموسیستئین پلاسما می‌گردد و این اثر نسبت به درمان با لوودوپا به تنهایی قابل توجه است. در مقابل، بتائین به عنوان یک ماده آنتی‌اکسیدان در استرس اکسیداتیو القاء شده به وسیله لوودوپا و لوودوپا+بنسرازید در کبد عمل کند. بتائین همچنین مانع از افزایش هموسیستئین خون گردید و این نتیجه در توافق با مطالعات قبلی است (۱،۲،۱۶).

مشخص شده لوودوپا به عنوان مؤثرترین داروی شناخته شده در درمان بیماری پارکینسون باعث افزایش‌هایی در غلظت کل هموسیستئین پلاسما می‌گردد (۹). فرآیندهای از انتقال گروه‌های متیل در متابولیسم لوودوپا درگیر هستند (۲۳، ۱۰). همچنین کاتابولیسم لوودوپا در چندین مرحله با متابولیسم هموسیستئین تداخل می‌کند. در واقع شواهدی وجود دارند که نشان می‌دهند مصرف لوودوپا سطح هموسیستئین را در پلاسما افزایش می‌دهد و قادر است باعث افزایش S-آدنوزیل هموسیستئین (SAH) مغزی گردد (۲۴، ۲۵).

در این مطالعه بتائین به عنوان دهنده گروه متیل که به طور پیوسته S-آدنوزیل متیونین (SAM) تولید می‌کند، توانست سطح کل هموسیستئین پلاسما را به صورت معنی‌داری در گروه لوودوپا+بتائین در مقایسه با موش‌های درمان شده با لوودوپا کاهش دهد. این اثر بتائین با نتایج مطالعات قبلی همخوانی دارد (۱،۲،۱۶). در مطالعه حاضر لوودوپا در حضور بنسرازید به وسیله آنزیم کتکول ۵-متیل ترانسفراز (COMT) به ۳-۵-متیل دوپا متابولیزه شده است. COMT آنزیم ضروری برای ۵-متیلاسیون لوودوپا است که نیازمند انتقال یک گروه متیل از SAM بوده (۱۲) و پیامد آن SAM به SAH تبدیل و سپس به هموسیستئین تبدیل می‌گردد. در این مطالعه، نتیجه هموسیستئین برای موش‌های درمان شده با لوودوپا+بنسرازید به خوبی قابلیت در دسترس بودن لوودوپا و افزایش هموسیستئین را در این گروه به صورت معنی‌دار در مقایسه با گروه‌های دیگر نشان می‌دهد. بنابراین تصور می‌شود که یک تعادل مشخص بین لوودوپا و بتائین در طول این پروتکل درمانی انجام شده است. در واقع بتائین به عنوان یک ماده پیشگیری کننده از افزایش هموسیستئین خون در گروه‌های لوودوپا+بتائین و لوودوپا+بتائین+بنسرازید عمل کرده است.

در مطالعه حاضر، مصرف لوودوپا و بنسرازید به طور معنی‌داری غلظت TBARS را به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپید در موش‌های درمان شده با لوودوپا و لوودوپا+بنسرازید را نسبت به گروه کنترل افزایش داد و درمان با بتائین توانست این غلظت افزایش یافته را نزدیک به گروه کنترل بازگرداند. به عبارت دیگر تفاوت‌های معنی‌داری بین گروه لوودوپا+بتائین و لوودوپا+بتائین+بنسرازید با گروه کنترل برای مارکر پراکسیداسیون لیپید وجود نداشت که نشان‌دهنده اثر حفاظتی بتائین در کبد موش‌های درمان شده با بتائین است. گروه بتائین همچنین سطح کاهش یافته معنی‌داری از TBARS را در مقایسه با گروه‌های لوودوپا و لوودوپا+بنسرازید نشان داد. نتایج پراکسیداسیون لیپید به خوبی با مطالعه پیشین در خصوص استرس اکسیداتیو ناشی از لوودوپا در کلیه موش‌های



صحرايي یکسان بود (۱۸). اعتقاد بر این است که بتائین نقش معنی داری در نگهداری پایداری و کارکرد غشاء سلولها بازی می کند. مطالعات قبلی نشان داده اند که بتائین به وسیله شرکت کردن در فرآیندهای متیلاسیون در داخل غشاء سلولها باعث نگهداری تعادل بین اتانول آمین و فسفاتیدیل کولین می گردد، بنابراین باعث نگهداری غشاء شده و مانع از پراکسیداسیون لیپید می گردد (۲۶، ۵، ۲).

مطالعات حیوانی نشان داده اند که تعدادی از آنتی اکسیدانها از صدمات اکسیداتیو به وسیله یکسری از مکانیسم های سلولی که آسیب اکسیداتیو را در بدن کنترل می کنند، پیشگیری می کنند (۲۹-۲۷، ۱). سیستم آنتی اکسیدانی گلوتاتیون نقش اساسی در دفاع سلولی علیه گونه های فعال اکسیژن بازی می کند. علاوه بر این آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نیز آسیب پراکسیداتیو را به وسیله خنثی کردن رادیکال های سوپراکسید از بین می برد (۲۶، ۲). در این مطالعه، فعالیت آنزیم های گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز هر دو به صورت غیرمعنی داری در موش های درمان شده با لوودوپا و لوودوپا+ بنسرازید در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت. به خوبی شناخته شده که آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز آنزیم کلیدی هست که آب اکسیژنه را به آب و اکسیژن تجزیه می کند (۲، ۱). اگر چه آب اکسیژنه خود یک ترکیب فعال نیست اما می تواند به متابولیت فعال رادیکال های هیدروکسیل احیاء گردد (۱۶، ۲، ۱). بنابراین آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز به عنوان مهمترین آنزیم آنتی اکسیدانی در موش های درمان شده با لوودوپا و لوودوپا+ بنسرازید به صورت جبرانی افزایش یافت تا استرس اکسیداتیو به وجود آمده را متوقف کند، ولی موفق نبود. این یافته مطابق با مطالعات قبلی با استفاده از اتانول به عنوان یک ماده اکسیدان در مخچه و بیضه موش های صحرايي نیز می باشد (۲، ۱). در این مطالعه افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در کبد به خوبی با افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به عنوان آنزیم تبدیل کننده رادیکال های سوپراکسید به آب اکسیژنه کم خطرتر، همراه شده است (۱) و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نیز در گروه های لوودوپا و

لوودوپا+ بنسرازید در مقایسه با گروه کنترل به صورت جبرانی افزایش ملایمی داشته است. افزایش این آنزیمها به صورت جبرانی، از طریق تأثیر ماده اکسیدان بر عناصر پاسخ دهنده آنتی اکسیدانی (Antioxidant response elements) موجود در پروموتور ژن های آنزیم های آنتی اکسیدان می باشد (۱). بنابراین، افزایش فعالیت این آنزیمها به صورت جبرانی در زمانی که ماده استرس زا وجود دارد، نوعی دفاع آنتی اکسیدانی بدن است تا سطح استرس را کم کند و مانع از پراکسیداسیون لیپید گردد هر چند به علت شدت استرس، افزایش فعالیت این آنزیمها به صورت جبرانی نتوانسته مانع از پراکسیداسیون لیپید گردد.

لوودوپا به وسیله چهار مسیر متابولیسمی مهم شامل: دکربوکسیلاسیون، ۵-متیلاسیون، ترانس آمیناسیون و اکسیداسیون متابولیزه می گردد. مهمترین مسیر دکربوکسیلاسیون است جایی که دوپامین به وسیله آنزیم آمینو اسید دکربوکسیلاز تشکیل می گردد (۱۹). در مطالعه حاضر لوودوپا با یک مهارکننده دوپا دکربوکسیلاز (بنسرازید) تجویز شد، به صورتی که مانع از متابولیسم دوپامین در بافت های محیطی گردد و بنابراین نفوذ دوپامین به سیستم اعصاب مرکزی افزایش می یابد (۱۳). تجویز بنسرازید همراه با لوودوپا با افزایش متابولیسم لوودوپا به ۳-۵-متیل دوپا به وسیله آنزیم کتکول ۵-متیل ترانسفراز در بافت های محیطی همراه شد، بنابراین غلظت سرمی دوپامین در موش های درمان شده با لوودوپا+ بنسرازید در مقایسه با گروه های لوودوپا و لوودوپا+ بتائین کاهش یافت. در واقع بنسرازید به عنوان یک ترکیب مهارکننده مانع از تبدیل لوودوپا به دوپامین و در نتیجه سبب کاهش دوپامین در سرم موش های گروه لوودوپا+ بنسرازید گردید. اگر چه دوپامین از سد خونی- مغزی عبور نمی کند، ولی اندازه گیری آن در سرم میزان متابولیسم آن را در بافت های محیطی و در نهایت میزان لوودوپا باقیمانده را جهت ورود به سیستم اعصاب مرکزی و تبدیل شدن به دوپامین مشخص می کند.

#### نتیجه گیری

در مجموع، مطالعه حاضر نشان داد که بتائین ممکن است

بنسرازید بر بافت کبد مشخص شود.

### سپاسگزاری

منابع مالی این مطالعه از محل گرانت مربوط به دکتر مسعود علیرضایی از اعتبارات پژوهشی دانشگاه لرستان فراهم شده است و از شرکت جالینوس تهران به خاطر حمایت معنوی در فراهم کردن لوودوپا تقدیر و تشکر می‌گردد.

یک پتانسیل آنتی‌اکسیدانی محافظت‌کننده در پیشگیری از استرس اکسیداتیو، حاصل از داروهای مورد استفاده در درمان پارکینسون، در کبد و افزایش هموسیستین خون در موش‌های صحرایی داشته باشد. به هر حال مطالعات بیشتری شامل ارزیابی آنزیم‌های کلیدی کبد و تست‌های کارکرد کبدی در یک مدل حیوانی پارکینسونیسم باید انجام گردد تا دقیقاً اثرات سودمند بتائین را در پیشگیری از اثرات جانبی لوودوپا و

### References:

- 1- Alirezaei M, Jelodar G, Niknam P, Ghayemi Z, Nazifi S. *Betaine prevents ethanol-induced oxidative stress and reduces total homocysteine in the rat cerebellum*. J Physiol Biochem 2011; 67(4): 605-12.
- 2- Alirezaei M, Jelodar G, Ghayemi Z. *Antioxidant defense of betaine against oxidative stress induced by ethanol in the rat testes*. Int J Pept Res Ther 2012; 18(3): 239-47.
- 3- Alirezaei M, Saeb M, Javidnia K, Nazifi S, Saeb S. *Hyperhomocysteinemia reduction in ethanol-fed rabbits by oral betaine*. Comp Clin Pathol 2012; 21(4): 421-27.
- 4- Nissinen E, Nissinen H, Larjonmaa H, Vaananen A, Helkamaa T, Reenila I, et al. *The COMT inhibitor, entacapone, reduces levodopa-induced elevations in plasma homocysteine in healthy adult rats*. J Neural Transm 2005; 112(9): 1213-21.
- 5- Basma AN, Morris EJ, Nicklas WJ, Geller HM. *L-dopa cytotoxicity to PC12 cells in culture is via auto-oxidation*. J Neurochem 1995; 64(2): 825-32.
- 6- Ho PI, Ortiz D, Rogers E, Shea TB. *Multiple aspects of homocysteine neurotoxicity: glutamate excitotoxicity, kinase hyperactivation and DNA damage*. J Neurosci Res 2002; 70(5): 694-702.
- 7- Bleich S, Degner D, Sperling W, Bönsch D, Thürauf N, Kornhuber J. *Homocysteine as a neurotoxin in chronic alcoholism*. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiat 2004; 28(3): 453-64.
- 8- Lutz UC. *Alterations in homocysteine metabolism among alcohol dependent patients—clinical, pathobiochemical and genetic aspects*. Curr Drug Abuse Rev 2008; 1(1): 47-55.
- 9- Muller T, Renger K, Kuhn W. *Levodopa-associated increase of homocysteine levels and sural axonal neurodegeneration*. Arch Neurol 2004; 61(5): 657-60.
- 10- Blandini F, Fancellu R, Martignoni E, Mangiagalli A, Pacchetti C, Samuele A, Nappi G. *Plasma homocysteine and LD metabolism in patients with parkinson disease*. Clin Chem 2001; 47: 1102-14.
- 11- Rogers JD, Sanchez-Saffon A, Frol AB, Diaz-Arrastia R. *Elevated plasma homocysteine levels in patients treated with levodopa: association with vascular disease*. Arch Neurol 2003; 60(1): 59-64.

- 12- Muller T, Jugel C, Ehret R, Ebersbach G, Bengel G, Muhlack S, et al. *Elevation of total homocysteine levels in patients with Parkinson's disease treated with duodenal levodopa/carbidopa gel*. J Neural Transm 2011; 118(9): 1329-33.
- 13- Muller T, Erdmann C, Muhlack S, Bremen D, Przuntek H, Goetze O, et al. *Pharmacokinetic behaviour of levodopa and 3-O-methyldopa after repeat administration of levodopa/carbidopa with and without entacapone in patients with Parkinson's disease*. J Neural Transm 2006; 113(10): 1441-48.
- 14- Jenner P. *Oxidative Stress in Parkinson's Disease*. Ann Neurol 2003; 53(Suppl 3): S36-38.
- 15- Ossig C, Reichmann H. *Treatment of Parkinson's disease in the advanced stage*. J Neural Transm 2013; 120(4): 523-29.
- 16- Alirezaei M, Niknam P, Jelodar G. *Betaine elevates ovarian antioxidant enzyme activities and demonstrates methyl donor effect in non-pregnant rats*. Int J Pept Res Ther 2012; 18(3): 281-90.
- 17- Kheradmand A, Alirezaei M, Dezfoulian O. *Cadmium-induced oxidative stress in the rat testes: protective effects of betaine*. Int J Pept Res Ther 2013; 19(4): 337-44.
- 18- Alirezaei M. *Betaine as a methyl donor and an antioxidant agent in levodopa-induced hyperhomocysteinemia and oxidative stress in the rat kidney*. Iran J Vet Med 2014; 8(2): 91-99.
- 19- Muzzi C, Bertocci E, Terzuoli L, Porcelli B, Ciari I, Pagani R, et al. *Simultaneous determination of serum concentrations of levodopa, dopamine, 3-O-methyldopa and  $\alpha$ -methyldopa by HPLC*. Biomed Pharmacotherap 2008; 62(4): 253-58.
- 20- Golbahar J, Aminzadeh MA, Hamidi SA, Omrani GR. *Association of red blood cell 5-methyltetrahydrofate folate with bone mineral density in postmenopausal Iranian women*. Osteop Int 2005; 16(12): 1894-98.
- 21- Karthikeyan G, Thachil A, Sharma S, Kalavani M, Ramakrishnan L. *Elevated high sensitivity CRP levels in patients with mitral stenosis and left atrial thrombus*. Int J Cardiol 2007; 122(3): 252-54.
- 22- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. *Protein measurement with the Folin phenol reagent*. J Biol Chem 1951; 193: 265-75.
- 23- Benson R, Crowell B Jr, Hill B, Doonquah K, Charlton C. *The effects of L-dopa on the activity of methionine adenosyltransferase: relevance to L-dopa therapy and tolerance*. Neurochem Res 1993; 18(3): 325-30.
- 24- Miller JW, Shukitt-Hale B, Villalobos-Molina R, Nadeau MR, Selhub J, Joseph JA. *Effect of L-dopa and the catechol-O-methyltransferase inhibitor Ro 41-0960 on sulfur amino acid metabolites in rats*. Clin Neuropharmacol 1997; 20(1): 55-66.
- 25- Liu XX, Wilson K, Charlton CG. *Effects of LD treatment on methylation in mouse brain: implications for the side effects of LD*. Life Sci 2000; 66(23): 2277-88.

- 26- Ganesan B, Buddhan S, Anandan R, Sivakumar R, Anbinezhilan R. *Antioxidant defense of betaine against isoprenaline-induced myocardial infarction in rats*. Mole Biol Rep 2010; 37(3): 1319-27.
- 27- Vajragupta O, Boonyarat C, Murakami Y, Tohda M, Musatmoto K, Olson AJ, et al. *A novel neuroprotective agent with antioxidant and nitric oxide synthase inhibitory action*. Free Radic Res 2006; 40(7): 685-95.
- 28- Wang ZJ, Liang CL, Li GM, Yu CY, Yin M. *Neuroprotective effects of arachidonic acid against oxidative stress on rat hippocampal slices*. Chem Biol Interact 2006; 163(3): 207-17.
- 29- Dal-Pizzol F, Ritter C, Cassol-Jr OJ, Rezin GT, Petronilho F, Zugno AI, et al. *Oxidative mechanisms of brain dysfunction during sepsis*. Neurochir Res 2010; 35: 1-12.

Archive of SID

## ***Hepatoprotective Effects of Betaine Against Oxidative Stress Induced by Levodopa and Benserazide in Rats***

***Alirezaei M(PhD)\*<sup>1</sup>, Chehari K(MSc)<sup>2</sup>***

<sup>1,2</sup>*Department of Biochemistry, Lorestan University, Khorram Abad, Iran*

***Received:*** 17 Jun 2014

***Accepted:*** 13 Nov 2014

### ***Abstract***

***Introduction:*** Betaine has been demonstrated to have methyl donor and antioxidant properties in our previous reports. Thus, the aim of the present study was to determine plasma homocysteine concentration and evaluate antioxidant activity of betaine following levodopa and benserazide administration, which routinely are used in treatment of Parkinson's disease in liver of rats.

***Methods:*** Sprague–Dawley male rats were treated by levodopa (LD), Betaine (Bet.), levodopa plus betaine (LD/Bet.), levodopa plus benserazide (LD/Ben.), levodopa plus betaine-benserazide (LD/Bet.-Ben.) and distilled water to controls for 10 consecutive days, orally. Plasma homocysteine concentration was measured by ELISA method. Moreover, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation amount were measured via chemical methods. Seromic dopamine concentration was also determined by HPLC method and data were analyzed by One-way ANOVA test.

***Results:*** The study results indicated that the treatment of rats with levodopa and benserazide significantly increased total homocysteine (tHcy) in plasma of the LD/Ben. group in comparison with the other groups ( $p < 0.05$ ). tHcy concentration was also significantly higher in LD group in comparison with control, betaine and LD/Bet. groups. Lipid peroxidation (TBARS) amount of liver increased significantly in LD/Ben. group when compared to the control group which this index decreased by betaine treatment. In contrast, glutathione peroxidase and superoxide dismutase activities in liver were significantly higher in the LD-treated rats as compared to the LD/Ben. group. Seromic dopamine concentration decreased significantly in LD/Ben.-treated rats in comparison with LD and LD/Bet. groups.

***Conclusion:*** Taken together, it seems that betaine acts as an antioxidant agent regarding decrease of LD/Ben.-induced oxidative stress and is able to decrease their oxidative effects in liver of rats.

***Keywords:*** Benserazide; Betaine; Dopamine; Homocysteine; Levodopa; Liver

***This paper should be cited as:***

Alirezaei M, Chehari K. *Hepatoprotective effects of betaine against oxidative stress induced by levodopa and benserazide in rats.* J Shahid Sadoughi Univ Med Sci 2015; 22(6): 1712-24.

***\*Corresponding author: Tel: +98 9374176061, Email: Alirezaei.m@lu.ac.ir***