

Dopaminergic Neuroprotection with Ginkgolide in 6-Hydroxydopamine Rat Parkinson's Disease Model

Alireza Moghadam¹,
Ali Noori-Zadeh²,
Shahram Darabi³,
Farzad Rajaei⁴,
Hojjat-allah Abbaszadeh⁵,
Hatef Ghasemi Hamidabadi⁶

¹ Dentistry Student, Student Research Committee, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

² Assistant Professor, Department of Clinical Biochemistry, Faculty of Paramedicine, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

³ Associate Professor, Cellular and Molecular Research Center, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

⁴ Professor, Cellular and Molecular Research Center, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

⁵ Assistant Professor, Department of Biology and Anatomical Sciences, Hearing Disorders Research Center, Loghman Hakim Medical Center, School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁶ Associate Professor, Department of Anatomy and Cell Biology, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received April 9, 2018 ; Accepted September 24, 2018)

Abstract

Background and purpose: Parkinson's disease (PD) is a prevalent movement disorder in elderly with progressive motor complications due to antioxidant defense system deficiency and accumulation of degraded proteins in dopaminergic neurons of midbrain. Ginkgolide is biologically active terpenic lactones as a polyphenol, with potent antioxidant and anti-inflammatory properties. The present study aimed to evaluate the neuroprotective effects of Ginkgolide in 6-hydroxydopamine (6-OHDA) rat model of PD.

Materials and methods: Intrastriatal 6-OHDA-parkinson's disease rat model was pretreated with Ginkgolide at 50 mg/kg/day for 4 weeks. Apomorphine-induced rotation test was applied to evaluate the neuroprotective effects of Ginkgolide. In addition, the antioxidant effects of Ginkgolide were assessed by analyzing the levels of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), Glutathione-S-transferase (GST), reactive oxygen species (ROS) homovanillic acid (HVA), and dopamine (DA).

Results: Ginkgolide pretreatment led to reduced nigral and striatal TBARS, and ROS and increased the levels of GST, HVA, and DA. Meanwhile, Ginkgolide attenuates apomorphine-induced rotational bias and reduced contra-lateral rotation in Ginkgolide treatment group.

Conclusion: These findings indicated the neuroprotective potential of Ginkgolide in 6-OHDA rat model of PD via amelioration of oxidative stress.

Keywords: Parkinson's disease, 6-hydroxydopamine, ginkgolide, oxidative stress

J Mazandaran Univ Med Sci 2019; 28 (170): 11-21 (Persian).

* **Corresponding Author: Shahram Darabi** - Cellular and Molecular Research Center, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran (E-mail: shahram2005d@yahoo.com)

محافظت نورون های دوپامینرژیک به وسیله جینکولاید در بیماری پارکینسون مدل ۶-هیدروکسی دوپامین

علیرضا مقدم^۱
علی نوری زاده^۲
شهرام دارابی^۳
فرزاد رجایی^۴
حجت اله عباس زاده^۵
هاتف قاسمی حمیدآبادی^۶

چکیده

سابقه و هدف: بیماری پارکینسون یک بیماری شایع با عوارض حرکتی در سنین بالا است که به دلیل آسیب سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی و تجمع پروتئین های تخریب شده در نورون های دوپامینرژیک در مغز میانی به وجود می آید. Ginkgolide، یکی از لاکتون های فعال ترپنیک به عنوان پلی فنل است که دارای خواص آنتی اکسیدانی و ضد التهابی است. در این مطالعه، اثرات محافظت نورونی Ginkgolide در موش های صحرایی مدل پارکینسونی ایجاد شده به وسیله 6-OHDA (6-Hydroxydopamine) ارزیابی شد.

مواد و روش ها: موش های صحرایی مدل پارکینسونی ایجاد شده با تزریق داخل استریاتومی 6-OHDA، به وسیله تزریق روزانه ۵۰ میلی گرم به ازاء هر کیلو گرم وزن بدن از Ginkgolide پیش تیمار و درمان به مدت ۴ هفته ادامه یافت. برای بررسی اثر محافظت نورونی Ginkgolide، تست رفتاری به وسیله آپومورفین صورت گرفت. هم چنین برای بررسی اثرات آنتی اکسیدانی عصاره Ginkgolide میزان Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS)، Glutathione-S-transferase (GST)، Reactive oxygen species (ROS)، Homovanillic acid (HVA) و Dopamine (DA) ارزیابی گردید. یافته ها: پیش درمان با Ginkgolide باعث کاهش TBARS و ROS و افزایش GST، HVA و DA گردید. در ضمن، در بررسی رفتاری مشاهده شد که در گروه درمان، Ginkgolide باعث کاهش آسیب نورون های دوپامینرژیک جسم سیاه گشت که با بهبود حرکتی و کاهش چرخش به سمت مخالف ضایعه، نسبت به گروه تخریب مشخص گردید. **استنتاج:** نتایج نشان دادند که Ginkgolide در بیماری مدل پارکینسونی ایجاد شده به وسیله 6-OHDA، از طریق کاهش استرس اکسیداتیو، توانایی محافظت نورونی دارد.

واژه های کلیدی: بیماری پارکینسون، ۶-هیدروکسی دوپامین، جینکولاید، استرس اکسیداتیو

مقدمه

بیماری پارکینسون یک اختلال حرکتی نورودژنراتیو است که ۵۰ درصد افراد بالای ۸۵ سال را درگیر می کند (۱). از علائم این بیماری بی حرکتی، دیسکینزی، لرزش و سختی حرکات است که شخص دچار اختلالات

E-mail: shahram2005d@yahoo.com

مؤلف مسئول: شهرام دارابی - قزوین: دانشگاه علوم پزشکی قزوین، مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی

۱. دانشجوی دندانپزشکی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
۲. استادیار، گروه بیوشیمی، دانشکده پیرا پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران
۳. دانشیار، مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
۴. استاد، مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
۵. استادیار، گروه بیولوژی و علوم تشریحی، مرکز اختلالات شنوایی بیمارستان لقمان حکیم، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۶. دانشیار، گروه آناتومی و بیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۹ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۷/۲/۱۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۷/۲

حرکتی می‌شود. داروی اصلی این بیماری لودوپا است، اما به دلیل جذب آن توسط سایر نواحی غیر اختصاصی سیستم عصبی عوارض شدیدی دارد. برای کاهش عوارض آن از داروهای مکمل استفاده می‌شود. اتیلورژی بیماری پارکینسون ناشناخته است، اما عواملی مانند آسیب میتوکندری و تجمع پروتئین‌های تخریب شده در ایجاد بیماری نقش دارند (۲)، که همگی این عوامل در ارتباط نزدیک با استرس اکسیداتیو است (۵-۲). مطالعات متعدد ارتباط بین آسیب سیستم آنتی اکسیدانی و بیماری‌های نورودژنراتیو مانند پارکینسون را نشان داده‌اند (۶). بنابراین تنظیم سیستم آنتی اکسیدانی در سلول به عنوان یک استراتژی در درمان بیماری‌های نورودژنراتیو مورد توجه واقع شده است (۷). اخیراً برای درمان بیماری‌های سیستم عصبی سلول درمانی، ژن درمانی (۸، ۹) و استفاده از داروهای پلی فنلیک (۱۰) مورد توجه واقع شده‌اند. ماده Ginkgolide دارای اثرات محافظت نورونی در بیماری‌های نورودژنراتیو است (۱۱). اما مکانیسم عمل محافظتی آن به خصوص در بیماری پارکینسون ناشناخته است. مطالعات نشان داده‌اند که رادیکال‌های آزاد (ROS) نقش مهمی در تخریب مسیر نیگرواستریاتال و ایجاد بیماری پارکینسون دارند (۲، ۱۲). مطالعات پس از مرگ در انسان نشان داده است که آسیب شدیدی به لیپیدها، پروتئین‌ها و ژنوم جسم سیاه ساقه مغز در بیماران پارکینسونی وجود دارد (۵). Ginkgolide یک پلی فنل گیاهی است که دارای نقش آنتی اکسیدانی و ضد التهاب است (۱۳). در واقع Ginkgolide به وسیله فعال کردن سیستم آنتی اکسیدانی، باعث برداشتن تجمعات پروتئینی ناقص و هضم نشده در سلول در بسیاری بیماری‌های نورودژنراتیو می‌شود. هم چنین مغز و سیستم عصبی را در اثر صدمات ناشی از هیپوکسی و ایسکمی محافظت می‌کند (۱۳).

در مطالعه‌ای عصاره Ginkgo Biloba باعث محافظت نورون‌های جسم سیاه در برابر سم MPTP (1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine) از طریق فعال کردن سیستم آنتی اکسیدانی و کاهش آپوپتوز شده است (۱۴).

6-OHDA ماده سمی است که در تحقیقات برای ایجاد مدل پارکینسون استفاده می‌شود. در مطالعات از تزریق ماده 6-OHDA به درون استریاتوم، برای ایجاد مدل بیماری پارکینسون استفاده می‌شود که دارای بیشترین شباهت به مدل انسانی بیماری پارکینسون است. پس از تزریق، 6-OHDA در فضای خارج سلولی اکسیده شده و باعث تولید عوامل اکسیدانی در سلول و ایجاد شوک اکسیدانی به سلول‌ها و در نهایت منجر به تخریب کمپلکس یک میتوکندری و تخریب زنجیره انتقال الکترونی میتوکنندی می‌شود، که تمامی این رخدادها در نهایت منجر به مرگ سلولی می‌شود (۱۵). هم چنین سم 6-OHDA باعث فعال شدن NF-Kb در جسم سیاه و ایجاد بیماری پارکینسون می‌شود (۱۶). در مطالعه‌ای مشاهده شده است که عصاره Bilobalide که از نظر ساختاری مشابه به Ginkgolide است، از طریق مهار NF-κB جلوی تخریب نورون‌های دوپامینرژیک جسم سیاه را می‌گیرد (۱۷). مطالعات زیادی در مورد خواص Ginkgo biloba در سیستم عصبی صورت گرفته است (۲۰-۱۸)، اما به تازگی اثبات شده است که Ginkgolide از طریق فعال کردن مسیر آنتی اکسیدانی باعث افزایش مقاومت سلول‌ها می‌گردد (۲۱). بنابراین ما این فرضیه را مطرح کردیم که Ginkgolide از طریق فعال کردن سیستم آنتی اکسیدانی (GST)، باعث کاهش ROS و TBARS و افزایش میزان DA و HVA در جسم سیاه می‌شود و در نهایت علائم با بهبود در رفتار چرخشی موش‌های صحرایی مشخص می‌گردد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تجربی، ۳۰ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار در محدوده وزنی ۱۸۰-۲۵۰ گرم به صورت تصادفی به ۳ گروه ۱۰ تایی (الف) کنترل (ب) تخریب و (ج) درمان تقسیم شدند. در گروه کنترل، رت‌ها جراحی استریوتاکسیک شده و به داخل استریاتوم چپ ۵ میکرولیتر سالین اسکوربات ۰/۲ درصد تزریق شد.

در گروه تخریب به داخل استریاتوم چپ حیوانات ۵ میکرولیتر سالین اسکوربات ۰/۲ درصد حاوی ۵ میکروگرم بر میکرولیتر 6-OHDA تزریق گردید. در گروه درمان، یک روز قبل از تخریب استریاتوم، حیوانات با دوز ۵۰ میلی گرم Ginkgolide به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن، پیش تیمار و درمان با همان دوز روزانه به مدت چهار هفته ادامه یافت. حیوانات در دمای کنترل شده حیوانخانه ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) در ۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت تاریکی و به میزان کافی به آب و غذا دسترسی داشتند. تمام مطالعات براساس دستورالعمل کار با حیوانات آزمایشگاهی کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی قزوین (کد اخلاق: IR.QUMS.REC.1396.114) انجام شد. تمام دستورالعمل های اخلاقی برای کاهش درد و رنج حیوانات انجام شد.

جراحی استریوتاکیسیک ایجاد مدل پارکینسون به وسیله تزریق 6-OHDA

موش ها توسط تزریق داخل صفاقی مخلوطی از کتامین (۱۰۰ mg/kg) و گزیزلین (۵ mg/kg) بیهوش شدند. سپس سر آن ها در دستگاه استریوتاکیس با مختصات ۳ mm لترال به سمت چپ، ۴/۵ mm شکمی از سطح سخت شامه و ۹/۲ mm قدامی خلفی نسبت به فاصله بین دو گوش (interaural) تنظیم و میله دندانی (incisor bar) ۳/۳ میلی متر زیر سطح افق قرار گرفت. پس از نمایان شدن سطح سخت شامه، ۵ میکرولیتر سالین اسکوربات ۰/۲ درصد حاوی ۵ میکروگرم بر میکرولیتر 6-OHDA به وسیله سرنگ همیلتون تزریق گردید.

تست رفتاری

قبل از انجام جراحی و چهار هفته پس از آن، از حیوانات در گروه های مختلف، تست رفتاری گرفته شد. تست رفتاری، توسط تزریق داخل صفاقی ماده اپومورفین هیدروکلراید (شرکت sigma) به میزان ۲/۵ mg/kg صورت گرفت. ۱۰ دقیقه قبل از جراحی (base line) موش ها در محفظه استوانه ای مدرج شفاف به نور از

جنس شیشه یا پلاستیک خشک، با ابعاد قطر ۳۳ و ارتفاع ۳۵ سانتی متر نگهداری شدند. پس از تزریق دارو تعداد چرخش کامل ۳۶۰ درجه در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه ای به مدت ۶۰ دقیقه به صورت دستی اندازه گیری شد. تعداد چرخش کونترولترال (به سمت مخالف محل ضایعه به سمت راست) به عنوان عدد مثبت و چرخش ایپسی لترال (به سمت چپ یا محل ضایعه) به عنوان عدد منفی در نظر گرفته شد. تعداد خالص چرخش پس از تفاضل چرخش ها در دو جهت محاسبه شد.

بررسی پارامترهای نوروشیمیایی

چهار هفته پس از تیمار دارویی، پس از تست رفتاری مغز موش ها خارج شده و جسم سیاه مغز میانی جدا شد. برای بررسی فعالیت آنزیمی سوپراکسی دیسموتاز و کاتالاز جسم سیاه به وسیله phosphate buffer saline (PBS) pH 7.0 (0.01 M) به میزان 10% w/v هموژنایز شده و برای به دست آوردن مایع رویی حاوی میتوکندری، در ۱۵۰۰۰ دور بر دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد.

بررسی فعالیت آنزیم GST

برای بررسی فعالیت GST یک محلول واکنشی حاوی M phosphate buffer saline (PBS) pH 6.5 ، ۰/۱ ، ۰/۱ mM GSH ، ۱.۰ mM CDNB و ۰.۱ mL PMS به حجم ۲ میلی لیتر رسانده شد. تغییرات جذب نوری در ۳۴۰ نانومتر به صورت نانومول CDNB تشکیل شده در هر میلی گرم پروتئین در یک دقیقه (nmol CDNB formed/min /mg protein) خوانده شد.

بررسی میزان رادیکال های آزاد/اکسیژن ROS

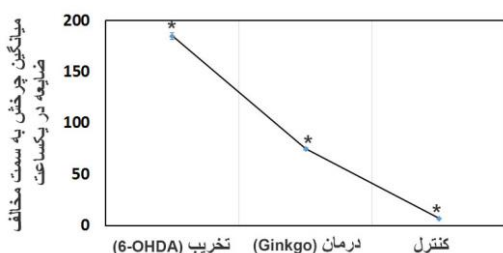
میزان ROS به وسیله رنگ غیر فلوئورسنت لیوفیلیک دی کلروفلورسین دی استات اندازه گیری شد. این رنگ در حضور رادیکال های آزاد اکسیژن ROS و آنزیم استراز درون سلولی به رنگ فلوئورسنت 2,7 dichlorofluorescein تبدیل می گردد. میزان رنگ

Tukey جهت مقایسه استفاده گردید. جهت رسم نمودار از برنامه Microsoft Excel 2017 استفاده گردید. در مورد کلیه یافته‌ها اختلاف در سطح $p < 0.05$ به عنوان سطح معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

تست رفتاری القا شده با آپومورفین

تست رفتاری در هفته اول و چهارم پس از جراحی انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که همه گروه‌ها اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) در تعداد چرخش داشتند. میانگین تعداد چرخش ($MEAN \pm SEM$)، چهار هفته پس از جراحی در گروه‌های تخریب، درمان و کنترل به ترتیب برابر با $185 \pm 3/1$ ، $75 \pm 1/28$ و $7 \pm 0/59$ بود. پس از جراحی (After surgery) و ایجاد مدل پارکینسون در گروه تخریب مشاهده شد که میانگین تعداد چرخش‌های کونترول‌ترال (به سمت مخالف ضایعه) حیوانات به $185 \pm 3/1$ رسید که نشان دهنده ایجاد صحیح تخریب در مدل حیوانی است. در گروه درمان، Ginkgolide باعث کاهش آسیب نورون‌های دوپامینرژیک جسم سیاه شد که با بهبود حرکتی و کاهش چرخش در گروه درمان نسبت به گروه تخریب مشخص شد. تعداد چرخش بین همه گروه‌ها اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بود (نمودار شماره ۱).



نمودار شماره ۱: تست رفتاری چرخشی القا شده بر اثر آپومورفین در زمان یکساعت در گروه‌های مختلف. در گروه تخریب عدم تقارن حرکتی ناشی از تزریق سم 6-OHDA و چرخش کونترالترال زیاد بود، اما در گروه درمان Ginkgolide جلوی عدم تقارن حرکتی را گرفت و تعداد چرخش‌های کونترالترال کاهش یافت، * ($P < 0.05$). ستاره نشان دهنده معنی‌داری در سطح $P < 0.05$ بین گروه‌ها است. مقادیر در نمودار به صورت ($MEAN \pm SEM$)، محاسبه شده‌اند.

فلوئورسنت بازتاب شده به میزان ROS بستگی دارد (۲۲). میزان فلوئورسنت در تابش نور تحریکی ۴۸۸ نانومتر و تابشی ۵۳۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. نتایج بر اساس روش برادفورد برای بررسی میزان DCF (معادل ROS) بر حسب نانوگرم بر میلی‌لیتر محاسبه شد.

بررسی میزان TBARS

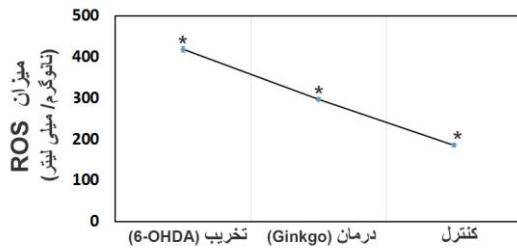
برای بررسی TBARS، ۲ میلی‌لیتر از PMS در میکروتیوب ریخته شد و به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به وسیله شیکر، بالا پایین شد. یک میکروتیوب دیگر در دمای صفر درجه با همان شرایط روی شیکر قرار داده شد. پس از یکساعت ۰/۴ میلی‌لیتر از ۵٪ TCA و ۰/۴ میلی‌لیتر از ۰.۶۷٪ TBA (Thiobarbituric Acid) به هر دو میکروتیوب اضافه شد. محلول واکنشی در 12000 g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد. مایع رویی جدا شد و در میکروتیوب دیگر به مدت ۱۰ دقیقه در آب جوش قرار داده شد. سپس میکروتیوب‌ها سرد شده و در طول موج ۵۳۵ نانومتر خوانده شد. میزان پراکسیداسیون لیپیدی به صورت نانومول از TBARS تشکیل شده در دقیقه از هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد.

بررسی میزان دوپامین DA و HVA

برای بررسی دوپامین و متابولیت آن جسم سیاه جدا و به وسیله perchloric acid (0.17 M) به میزان ۱۰٪ w/v برای مدت ۳۰ ثانیه هموژنایز شد تا DA از بافت استخراج شود (۲۳). به طور خلاصه به مدت ۱۵ دقیقه انکوبه شد و مایع رویی به درون میکروتیوب ریخته شد و در ۱۵۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ و غلظت DA و HVA اندازه‌گیری شد.

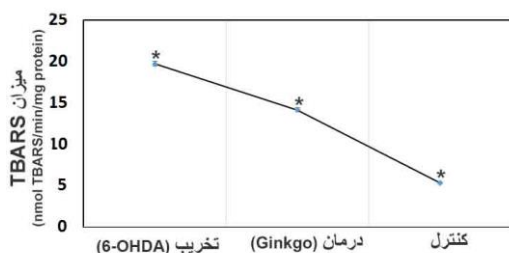
آنالیز آماری

تمامی داده‌ها به صورت $Mean \pm SEM$ بیان شدند. هم‌چنین از آنالیز واریانس یکطرفه (one way ANOVA) و در صورت اختلاف معنی‌دار از آزمون پارامتریک



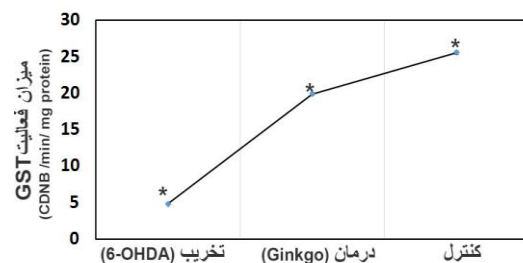
نمودار شماره ۳: بررسی میزان فعالیت Reactive oxygen species (ROS) در گروه‌های تجربی. در گروه تخریب تزریق سم 6-OHDA باعث افزایش میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) شد، اما در گروه درمان، Ginkgolide مانع تولید بیش‌تر رادیکال‌های آزاد اکسیژن شد. ستاره نشان دهنده معنی داری در سطح $P < 0.05$ بین گروه‌ها است. مقادیر در نمودار به صورت (MEAN±SEM)، محاسبه شده‌اند.

بررسی میزان پراکسیداسیون لیپیدی (TBARS)
در بررسی مارکرهای استرس اکسیداتیو در نورون‌های جسم سیاه نشان داد که میزان TBARS (MEAN±SEM)، در گروه تخریب (۱۹/۷۱±۰/۳) به صورت معنی‌داری ($p < 0.05$) بیش‌تر از گروه درمان (۱۴/۱۴±۰/۲۵) و کنترل (۵/۳۲±۰/۱۲) بود. در گروه پیش‌درمان با Ginkgolide میزان TBARS نسبت به گروه تخریب به صورت معنی‌داری کم‌تر ($p < 0.05$) بود که نشان‌دهنده تاثیر Ginkgolide در کاهش پراکسیداسیون لیپیدی است (نمودار شماره ۴). میزان TBARS به صورت nmol TBARS/min/mg protein ارائه شده است.



نمودار شماره ۴: بررسی میزان فعالیت پراکسیداسیون لیپیدی Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) در گروه‌های تجربی. در گروه تخریب تزریق سم 6-OHDA باعث افزایش میزان TBARS شد، اما در گروه درمان، Ginkgolide مانع تولید بیش‌تر TBARS شد. میزان TBARS به صورت nmol TBARS/min/mg protein ارائه شده است. ستاره نشان دهنده معنی داری در سطح $P < 0.05$ بین گروه‌ها است. مقادیر در نمودار به صورت (MEAN±SEM)، محاسبه شده‌اند.

بررسی میزان فعالیت Glutathione-S-transferase (GST)
میزان فعالیت آنزیم GST (MEAN±SEM)، در گروه تخریب (۴/۸۲±۰/۱۴) به صورت معنی داری ($p < 0.05$) کم‌تر از گروه درمان (۱۹/۹±۰/۲۲) و کنترل (۲۵/۵۵±۰/۲۲) بود، اما پیش‌درمان با Ginkgolide حدودی جلوی این تغییرات را گرفت و در گروه درمان میزان GST نسبت به گروه تخریب بیش‌تر شد که نشان دهنده نقش حفاظتی Ginkgolide در جلوگیری از تخریب در ناحیه جسم سیاه است (نمودار شماره ۲).



نمودار شماره ۲: بررسی میزان فعالیت Glutathione-S-transferase (GST) در گروه‌های تجربی. در گروه تخریب تزریق سم 6-OHDA باعث کاهش فعالیت آنزیم GST شد، اما در گروه درمان، Ginkgolide مانع کاهش فعالیت آنزیمی شد. میزان فعالیت آنزیمی GST به صورت CDNB /min/ mg protein ارائه شده است. علامت ستاره نشان دهنده معنی داری در سطح $P < 0.05$ بین گروه‌ها است. مقادیر در نمودار به صورت (MEAN±SEM)، محاسبه شده‌اند.

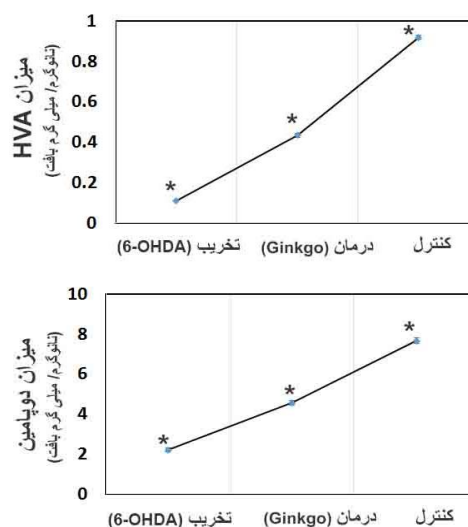
بررسی میزان ROS
در بررسی مارکرهای استرس اکسیداتیو در نورون‌های جسم سیاه نشان داد که میزان ROS (MEAN±SEM)، در گروه تخریب (۴۱۸/۹±۶/۲۲) به صورت معنی‌داری ($p < 0.05$) بیش‌تر از گروه درمان (۲۹۷/۱±۴/۰۴) و کنترل (۱۸۵/۸±۴/۰۱) بود. در گروه پیش‌درمان با Ginkgolide میزان ROS نسبت به گروه تخریب به صورت معنی‌داری کم‌تر ($p < 0.05$) بود که نشان‌دهنده تاثیر Ginkgolide در کاهش رادیکال‌های آزاد اکسیژن است (نمودار شماره ۳). میزان ROS بر حسب نانوگرم بر میلی‌لیتر ارائه شده است.

HVA به صورت نانو گرم بر میلی گرم پروتئین ارائه شده است. علامت ستاره نشان دهنده معنی داری در سطح $P < 0.05$ بین گروه ها است. مقادیر در نمودار به صورت (MEAN $\pm$ SEM)، محاسبه شده اند.

بحث

در این مطالعه، Ginkgolide باعث (الف): بهبود رفتار حرکتی و کاهش چرخش القا شده به وسیله آپومورفین، (ب): افزایش DA و HVA، (ج) افزایش بیان عوامل رونویسی آنتی اکسیدانی مانند GST و کاهش رادیکال های آزاد اکسیژن و پراکسیداسیون لیپیدی شد. تزریق 6-OHDA باعث تغییرات رفتاری شد که مطرح کننده ایجاد مدل بیماری پارکینسون است. این مدل یکطرفه ایجاد بیماری پارکینسون، شایع ترین مدل پیش کلینیکی است که اثرات این مدل بر روی سیستم دوپامینرژیک نیکرواستریاتال به خوبی شناخته شده است (۲۴). Cao و همکاران در مطالعه ای نشان دادند که تجویز عصاره گیاه Ginkgo Biloba به مدت ۷ روز جلوی آپوپتوز ناشی از مصرف لودوپا در رت های آزمایشگاهی را گرفت و از کاهش نورون ها در جسم سیاه پیشگیری کرد (۲۵). در مطالعات Cao و Yang و همکاران، تزریق سم به صورت مستقیم در جسم سیاه صورت گرفت (۲۵، ۱۴) که این مدل ایجاد بیماری، باعث تخریب سریع جسم سیاه می شود و شباهت کمتری به مدل انسانی دارد، اما در این مطالعه تزریق 6-OHDA، به صورت یکطرفه در سمت چپ استریاتوم حیوانات صورت گرفت که ماده سمی 6-OHDA به صورت رتروگراد باعث تخریب نورون های دوپامینرژیک واقع در جسم سیاه می شود (۲۶)، در نتیجه میزان دوپامین کم می شود و میزان گیرنده های دوپامینی پس سیناپسی افزایش می یابد. این عدم تقارن گیرنده های دوپامینی در سمت راست و چپ جسم سیاه به وسیله تست رفتاری القا شده به وسیله آپومورفین ارزیابی شد. آپومورفین آگونیست دوپامین است و باعث چرخش کونترولترال موش به سمت مخالف ناحیه آسیب دیده می شود. در این مطالعه Ginkgolide از راه کاهش عدم تقارن حرکتی و کاهش

بررسی میزان دوپامین (DA) و متابولیت آن Homovanillic acid (HVA) برای بررسی میزان عملکرد نورون های دوپامینرژیک و بهبود آن ها و ارتباط بین تغییرات نورویی هویورال (neurobehavioral alterations) و نوروشیمیایی (neurochemical changes) میزان دوپامین و HVA (MEAN $\pm$ SEM)، در استریاتوم و جسم سیاه ناحیه ایپسی لترال در گروه های مختلف ارزیابی شد. همان طور که در نمودار شماره ۵ مشاهده می شود، در گروه کنترل میزان DA (۷/۶۶ $\pm$ ۰/۱۵) و HVA (۰/۹ $\pm$ ۰/۰۱) بیش تر از سایر گروه ها است. در گروه تخریب، میزان DA (۲/۱۸ $\pm$ ۰/۱) و HVA (۱) به شدت به صورت معنی داری ($p < ۰/۰۵$) کاهش یافت. اما در گروه درمان، میزان DA (۴/۵۵ $\pm$ ۰/۱۴) و HVA (۰/۴۵ $\pm$ ۰/۱۴) مانع کاهش بیش تر DA و HVA نسبت به گروه تخریب شد (نمودار شماره ۵). بنابراین افزایش میزان DA و HVA در حیوانات گروه درمان نسبت به گروه تخریب نشان دهنده افزایش بقا و بهبود عملکرد نورون های دوپامینرژیک در جسم سیاه است. مقادیر DA و HVA به صورت نانو گرم بر میلی گرم بافت ارائه شده است.



نمودار شماره ۵: بررسی میزان دوپامین (DA) و متابولیت آن (HVA) homovanillic acid در گروه های تجربی. در گروه تخریب تزریق سم 6-OHDA باعث کاهش میزان DA و HVA شد، اما در گروه درمان، Ginkgolide مانع کاهش بیش تر DA و HVA شد. میزان دوپامین و

چرخش، باعث بهبود حرکتی حیوانات شد. هم چنین Ginkgolide جلوی کاهش DA را گرفت که می تواند توجیه کننده دلیل کاهش تقارن حرکتی در گروه درمان نسبت به تخریب است. این یافته مطابق یافته های سایر محققین است که میزان محتوای DA تحت تاثیر اندوتوکسین 6-OHDA کاهش می یابد (۲۷). هم چنین تفاوت دیگر این مطالعه با مطالعات قبلی در زمان آن بود؛ در مطالعه Cao و همکاران، مدت زمان مطالعه ۷ روز بود (۲۵)، اما در مطالعه ما مدت زمان یک ماه بود که به مدل بیماری پارکینسون در انسان که مزمن است، شباهت بیش تری دارد. مطالعات متعددی نقش محافظت نورونی عصاره گیاه Ginkgo Biloba در بیماری پارکینسون را نشان داده اند.

Rojas و همکاران نقش این دارو را در تنظیم هموستازیس مس در مغز موش مدل بیماری پارکینسون با سم MPP⁺ نشان داده اند (۲۸). Ahmad و همکاران نقش این دارو را در بهبود حرکتی، عضلانی، افزایش GSH و کاهش TBARS در جسم سیاه موش مدل پارکینسونی نشان داده اند (۲۹).

Gagn و همکاران در مطالعه ای مشاهده کردند که این دارو جلوی مرگ سلول های رده PC12 (pheochromocytoma) در برابر سمیت ناشی از MPP⁺ را گرفت (۳۰).

مطالعات نشان داده اند که در مغز میزان مارکرهای استرس اکسیدانی اندوژن مانند ROS، TBARS و GST با افزایش استرس دچار تغییرات می شوند (۳۱، ۳۲). سم 6-OHDA باعث ایجاد استرس اکسیداتیو، پراکسیداسیون لیپیدی، کاهش GSH و آسیب میتوکندری می شود (۳۳). استرس اکسیداتیو به معنای عدم تعادل بین تولید و جذب رادیکال های آزاد در سیتوپلاسم سلول است. این افزایش رادیکال های آزاد یا عدم پاکسازی آن ها باعث اختلال عملکرد و مرگ سلول های post mitotic مانند نورون ها می شود. در شرایط عادی سیستم آنتی اکسیدان درونی سلول باعث پاکسازی عوامل اکسیدانی می شود

اما در شرایط پاتولوژیک به عوامل آنتی اکسیدان بیرونی نیاز است (۳، ۳۴، ۳۵). آنزیم GST باعث پاکسازی مغز از رادیکال های آزاد می شوند (۳۶). یک عامل مهم پاتوژنیک در ایجاد بیماری پارکینسون، استرس اکسیداتیو است. در این مطالعه استرس اکسیداتیو به وسیله 6-OHDA ایجاد شد. در مطالعات قبلی نشان داده شده است که آسیب ناشی از 6-OHDA باعث کاهش میزان آنزیم های آنتی اکسیدانی می شود (۳۴، ۳۷). به موازات سایر مطالعات، در این تحقیق در گروه تخریب، میزان ROS و پراکسیداسیون لیپیدی افزایش یافت، اما میزان GST کاهش یافت که نشان دهنده اختلال در سیستم آنتی اکسیدانی به وسیله 6-OHDA است که در نتیجه میزان DA و HVA هم کاهش یافت. افزایش استرس اکسیداتیو و اختلال سیستم آنتی اکسیدانی باعث بیماری های نورودژنراتیو مانند پارکینسون می شود. بنابراین تقویت سیستم آنتی اکسیدانی منجر به پیشگیری از پیشرفت بیماری پارکینسون می شود. Ginkgolide از طریق تقویت سیستم آنتی اکسیدانی باعث پیشگیری از تخریب نورون های جسم سیاه و به تبع آن بهبود رفتار حرکتی شد. در گروه درمان مشاهده شد که Ginkgolide باعث کاهش TBARS و ROS و افزایش DA و HVA شد، در نتیجه با بهبود میزان دوپامین و متابولیت آن در نورون های دوپامینرژیک ساقه مغز، شاهد بهبود حرکت چرخشی القا شده به وسیله آپومورفین بودیم.

Ginkgolide به وسیله خواص آنتی اکسیدانی، باعث بازگرداندن دوپامین از طریق جلوگیری از تخریب نورون های دوپامینرژیک مغز میانی شد، در نتیجه احتمالاً می تواند در درمان بیماری های نورودژنراتیو مانند بیماری پارکینسون که همراه با آسیب سیستم آنتی اکسیدانی هستند، موثر باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی قزوین (طرح شماره ۲۵۱) و کارشناسان، خانم ها فهیمه حاج آقایی و هاجر صادقی تقدیر و تشکر می گردد.

References

1. Collier TJ, Kanaan NM, Kordower JH. Aging and Parkinson's disease: Different sides of the same coin? *Mov Disord* 2017; 32(7): 983-990.
2. Guo JD, Zhao X, Li Y, Li GR, Liu XL. Damage to dopaminergic neurons by oxidative stress in Parkinson's disease (Review). *Int J Mol Med* 2018; 41(4): 1817-1825.
3. Haghdoost-Yazdi H, Faraji A, Fraidouni N, Movahedi M, Hadibeygi E, Vaezi F. Significant effects of 4-aminopyridine and tetraethylammonium in the treatment of 6-hydroxydopamine-induced Parkinson's disease. *Behav Brain Res* 2011; 223(1): 70-74.
4. Haghdoost-Yazdi H, Hosseini SS, Faraji A, Nahid D, Jahanihashemi H. Long term exposure to norharman exacerbates 6-hydroxydopamine-induced parkinsonism: possible involvement of L-type Ca^{2+} channels. *Behav Brain Res* 2010; 215(1): 136-140.
5. Henchcliffe C, Beal MF. Mitochondrial biology and oxidative stress in Parkinson disease pathogenesis. *Nat Clin Pract Neurol* 2008; 4(11): 600-609.
6. Hamidi GA, Faraji A, Zarmehri HA, Haghdoost-Yazdi H. Prolonged hyperoxia preconditioning attenuates behavioral symptoms of 6-hydroxydopamine-induced Parkinsonism. *Neurol Res* 2012; 34(7): 636-642.
7. Haghdoost-Yazdi H, Sarookhani M, Faraj A, Fraidouni N, Dargahi T, Yaghoubidoust MH, et al. Evaluation of the association between blood homocysteine concentration and the degree of behavioral symptoms in the 6-hydroxydopamine-induced Parkinsonism in rat. *Pharmacol Biochem Behav* 2014; 124: 297-304.
8. Darabi S, Tiraihi T, Noori-Zadeh A, Rajaei F, Darabi L, Abbaszadeh HA. Creatine and retinoic acid effects on the induction of autophagy and differentiation of adipose tissue-derived stem cells into GABAergic-like neurons. *J Babol Univ Med Sci* 2017; 19(8): 41-49 (Persian).
9. Kazemi Mehrjerdi H, Noori-Zadeh A, Darabi S, Fajaei R. Lithium prevents cell apoptosis through autophagy induction. *Bratisl Med J* 2018; 119(4): 234-239.
10. Hosseini A, Hosseinzadeh H. Antidotal or protective effects of *Curcuma longa* (turmeric) and its active ingredient, curcumin, against natural and chemical toxicities: A review. *Biomed Pharmacother*. 2018; 99: 411-421.
11. Christen Y. Ginkgo biloba and neurodegenerative disorders. *Front Biosci*. 2004; 9: 3091-3104.
12. Piri H, Haghdoost-Yazdi H, Fraidouni N, Dargahi T, Yaghoubidoust M, Azadmehr A. The Anti-Parkinsonism Effects of KATP Channel Blockade in the 6-Hydroxydopamine-Induced Animal Model: The Role of Oxidative Stress. *Basic Clin Neurosci (BCN)* 2017; 8(3): 183-192 (Persian).
13. Nabavi SM, Habtemariam S, Daglia M, Braidy N, Loizzo MR, Tundis R, et al. Neuroprotective Effects of Ginkgolide B Against Ischemic Stroke: A Review of Current Literature. *Curr Top Med Chem* 2015; 15(21): 2222-2232.
14. Yang SF, Wu Q, Sun AS, Huang XN, Shi JS. Protective effect and mechanism of Ginkgo biloba leaf extracts for Parkinson disease induced by 1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine. *Acta Pharmacol Sin* 2001; 22(12): 1089-1093.
15. Kumar A, Sharma N, Gupta A, Kalonia H, Mishra J. Neuroprotective potential of atorvastatin

- and simvastatin (HMG-CoA reductase inhibitors) against 6-hydroxydopamine (6-OHDA) induced Parkinson-like symptoms. *Brain Res* 2012; 1471: 13-22.
16. Tarabin V, Schwaninger M. The role of NF-kappaB in 6-hydroxydopamine- and TNFalpha-induced apoptosis of PC12 cells. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol* 2004; 369(6): 563-569.
17. Li LY, Zhao XL, Fei XF, Gu ZL, Qin ZH, Liang ZQ. Bilobalide inhibits 6-OHDA-induced activation of NF-kappaB and loss of dopaminergic neurons in rat substantia nigra. *Acta Pharmacol Sin* 2008; 29(5): 539-547.
18. Cohen G. Monoamine oxidase, hydrogen peroxide, and Parkinson's disease. *Adv Neurol* 1987; 45: 119-125.
19. Rojas P, Rojas C, Ebadi M, Montes S, Monroy-Noyola A, Serrano-Garcia N. EGb761 pretreatment reduces monoamine oxidase activity in mouse corpus striatum during 1-methyl-4-phenylpyridinium neurotoxicity. *Neurochem Res* 2004; 29(7): 1417-1423.
20. Wu WR, Zhu XZ. Involvement of monoamine oxidase inhibition in neuroprotective and neurorestorative effects of Ginkgo biloba extract against MPTP-induced nigrostriatal dopaminergic toxicity in C57 mice. *Life Sci* 1999; 65(2): 157-164.
21. Ma S, Liu X, Xun Q, Zhang X. Neuroprotective effect of Ginkgolide K against H2O2-induced PC12 cell cytotoxicity by ameliorating mitochondrial dysfunction and oxidative stress. *Biol Pharm Bull* 2014; 37(2): 217-225.
22. Arya A, Sethy NK, Singh SK, Das M, Bhargava K. Cerium oxide nanoparticles protect rodent lungs from hypobaric hypoxia-induced oxidative stress and inflammation. *Int J Nanomedicine* 2013; 8: 4507-4520.
23. Zafar KS, Siddiqui A, Sayeed I, Ahmad M, Salim S, Islam F. Dose-dependent protective effect of selenium in rat model of Parkinson's disease: neurobehavioral and neurochemical evidences. *J Neurochem* 2003; 84(3): 438-446.
24. Shams Nooraei M, Noori-Zadeh A, Darabi S, Rajaei F, Golmohammadi Z, Abbaszadeh HA. Low Level of Autophagy-Related Gene 10 (ATG10) Expression in the 6-Hydroxydopamine Rat Model of Parkinson's Disease. *Iran Biomed J* 2018; 22(1): 15-21 (Persian).
25. Cao F, Sun S, Tong ET. Experimental study on inhibition of neuronal toxic effect of levodopa by ginkgo biloba extract on Parkinson disease in rats. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci* 2003; 23(2): 151-153.
26. Haghdoost-Yazdi H, Piri H, Najafipour R, Faraji A, Fraidouni N, Dargahi T, et al. Blockade of fast A-type and TEA-sensitive potassium channels provide an antiparkinsonian effect in a 6-OHDA animal model. *Neurosciences (Riyadh)* 2017; 22(1): 44-50.
27. Zhang XX, Liu J, Fu Y, Hu GY, Jin GZ. Action sites of rotation and unit firing induced by l-stepholidine and DA agonists in basal ganglia of 6-OHDA-lesioned rats. *Zhongguo Yao Li Xue Bao* 1999; 20(11): 979-986.
28. Rojas P, Montes S, Serrano-Garcia N, Rojas-Castaneda J. Effect of EGb761 supplementation on the content of copper in mouse brain in an animal model of Parkinson's disease. *Nutrition* 2009; 25(4): 482-485.
29. Ahmad M, Saleem S, Ahmad AS, Yousuf S, Ansari MA, Khan MB, et al. Ginkgo biloba affords dose-dependent protection against 6-hydroxydopamine-induced parkinsonism in

- rats: neurobehavioural, neurochemical and immunohistochemical evidences. *J Neurochem* 2005; 93(1): 94-104 (Persian).
30. Gagne B, Gelinas S, Bureau G, Lagace B, Ramassamy C, Chiasson K, et al. Effects of estradiol, phytoestrogens, and Ginkgo biloba extracts against 1-methyl-4-phenyl-pyridine-induced oxidative stress. *Endocrine* 2003; 21(1): 89-95.
 31. Haghdost-Yazdi H, Piri H, Faraji A, Fraidouni N, Dargahi T, Mahmudi M, et al. Pretreatment with potassium channel blockers of 4-aminopyridine and tetraethylammonium attenuates behavioural symptoms of Parkinsonism induced by intrastriatal injection of 6-hydroxydopamine; the role of lipid peroxidation. *Neurol Res* 2016; 38(4): 294-300.
 32. Haghdost-Yazdi H, Fraidouni N, Faraji A, Jahanihashemi H, Sarookhani M. High intake of folic acid or complex of B vitamins provides anti-Parkinsonism effect: no role for serum level of homocysteine. *Behav Brain Res* 2012; 233(2): 375-381.
 33. Schober A. Classic toxin-induced animal models of Parkinson's disease: 6-OHDA and MPTP. *Cell Tissue Res* 2004; 318(1): 215-224.
 34. Wang T, Liu B, Qin L, Wilson B, Hong JS. Protective effect of the SOD/catalase mimetic MnTMPyP on inflammation-mediated dopaminergic neurodegeneration in mesencephalic neuronal-glia cultures. *J Neuroimmunol* 2004; 147(1-2): 68-72.
 35. Gheibi N, Saboury AA, Haghbeen K, Rajaei F, Pahlevan AA. Dual effects of aliphatic carboxylic acids on cresolase and catecholase reactions of mushroom tyrosinase. *J Enzyme Inhib Med Chem* 2009; 24(5): 1076-1081.
 36. Allen M, Zou F, Chai HS, Younkin CS, Miles R, Nair AA, et al. Glutathione S-transferase omega genes in Alzheimer and Parkinson disease risk, age-at-diagnosis and brain gene expression: an association study with mechanistic implications. *Mol Neurodegener*. 2012; 7:13.
 37. Kumar R, Agarwal AK, Seth PK. Free radical-generated neurotoxicity of 6-hydroxydopamine. *J Neurochem* 1995; 64(4): 1703-1707.