

Neuroprotective Effect of Quercetin in 1-Methyl-4-Phenyl-1,2,3,6-Tetrahydropyridine-Induced Model of Parkinson's Disease

Neda Nikokalam Nazif¹, Maryam Khosravi^{1*}, Ramesh Ahmadi², Maryam Bananej¹, Ahmad Majd¹

¹Department of Biology, Faculty of Biological Sciences, North-Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

²Department of Physiology, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran

Article Info:

Received: 20 Feb 2019

Revised: 9 Jul 2019

Accepted: 25 Aug 2019

ABSTRACT

Introduction: Parkinson's disease (PD) is a common neuropathological disorder caused by degeneration of dopaminergic neurons in the substantia nigra pars compacta. Quercetin (SNPC) is a compound with both anti-inflammatory and anti-oxidant effects, which can cross the blood brain barrier. The aim of the present study was to evaluate neuroprotective effect of quercetin in 1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine-induced model of PD in male mice. **Materials and Methods:** 48 male NMRI mice were divided into 6 groups (n=8); control, saline, MPTP, MPTP+ 20mg/kg quercetin, MPTP+ 25mg/kg quercetin, and MPTP+ 30mg/kg quercetin. To induce PD model, MPTP (25mg/ Kg) was injected intraperitoneally (i.e.) for 4 day. Catalepsy test was assessed by test bars one and 21 days after the last injection MPTP. Quercetin (20, 25, 30mg/kg/day) was applied orally for 21 days. Dopaminergic neurons of SNPC were determined by immunohistochemical labeling. The levels of interleukin 10 and TNF- α were determined in the substantia nigra and the striatum using ELISA technique. **Results:** Treatment with quercetin was significantly improved catalepsy. Furthermore, quercetin significantly enhanced the number of neurons in SNPC, increased interleukin 10 protein levels, and reduced TNF- α protein values. **Conclusion:** Quercetin may exert a neuroprotective effect on progressive cell damage and the neuronal death in the substantia nigra in PD; possibly via modulation of inflammatory mediators.

Key words:

1. 1-Methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine
2. Quercetin
3. Mice

*Corresponding Author: Maryam Khosravi

E-mail: maryam-khosravi@iaui-nb.ac.ir

اثر حفاظت عصبی کوئرتستین در مدل تجربی بیماری پارکینسون القاء شده با ۱-متیل-۴-فنیل-۳، ۲، ۱-تتراهیدروپیریدین

ندا نیکوکلام نظیف^۱، مریم خسروی^{۱*}، رامش احمدی^۲، مریم بنانج^۱، احمد مجد^۱

^۱گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۲گروه فیزیولوژی، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران

اطلاعات مقاله:

پذیرش: ۳ شهریور ۱۳۹۸

اصلاحیه: ۱۸ تیر ۱۳۹۸

دریافت: ۱ اسفند ۱۳۹۷

چکیده

مقدمه: بیماری پارکینسون یک اختلال نوروپاتولوژیک شایع است که به علت دژنراسیون نورون‌های دوپامینرژیک بخش متراکم جسم سیاه ایجاد می‌شود. کوئرتستین ترکیبی است با اثرات ضد التهابی و ضد اکسیدانی که می‌تواند از سد خونی-مغزی عبور کند. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر حفاظت عصبی کوئرتستین در مدل بیماری پارکینسون القاء شده با ۱-متیل-۴-فنیل-۳، ۲، ۱-تتراهیدروپیریدین درموش‌های سوری بود. **مواد و روش‌ها:** ۴۸ موش سوری نر نژاد NMRI به ۶ گروه (n=۸) کنترل، سالین، MPTP، MPTP+۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین، MPTP+۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین، MPTP+۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین تقسیم شدند. برای القا مدل بیماری پارکینسون MPTP به صورت داخل صفاقی به مدت ۴ روز (۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم) تزریق گردید. کاتالپسی توسط آزمون میله، یک روز پس از آخرین تزریق MPTP و در روز بیست و یک بررسی شد. کوئرتستین به مدت ۲۱ روز به صورت خوراکی (۳۰، ۲۵، ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم در روز) گاوژ شد. نورون‌های دوپامینرژیک بخش متراکم جسم سیاه به کمک روش ایمنوهیستوشیمی مشخص و شمارش گردیدند. سطوح اینترلوکین-۱۰ و TNF- α در نواحی توده سیاه و جسم مخطط مغز توسط روش الایزا سنجش شد. **یافته‌ها:** درمان با کوئرتستین، به طور معنی‌داری سبب بهبود کاتالپسی شد. علاوه بر این کوئرتستین به صورت معنی‌داری شمارش نورونی در جسم سیاه را افزایش داده، سطوح پروتئین اینترلوکین-۱۰ را افزایش داده و سطح پروتئین TNF- α را کاهش داد. **نتیجه‌گیری:** کوئرتستین ممکن است اثرات محافظت کننده‌ای عصبی از آسیب پیشرونده سلولی و مرگ سلول‌های عصبی دوپامینرژیک جسم سیاه در بیماری پارکینسون احتمالاً از طریق تنظیم واسطه‌های عصبی داشته باشد.

کلید واژه‌ها:

۱. ۱-متیل-۴-فنیل-۳، ۲، ۱-تتراهیدروپیریدین
۲. کوئرتستین
۳. موش

* نویسنده مسئول: مریم خسروی

آدرس الکترونیکی: maryam-khosravi@iaui-tnb.ac.ir

مقدمه

اسیدهای فنلیک می‌توانند به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های مؤثر عمل کنند (۱۵). گزارش شده مکانیسم‌های تخریب سلولی می‌تواند در اثر فعال شدن میکروگلیا و بروز آسیب‌های بیماری‌های تحلیل برندهٔ عصبی^۳ ناشی از عملکرد آن‌ها رخ دهد. هرچند فعال شدن میکروگلیا برای بروز پاسخ ایمنی مناسب ضروری است ولی فعال شدن بیش از حد آن ایجادکنندهٔ آسیب‌های توکسیک است. این آسیب‌ها به واسطهٔ مسیرهای مختلفی نظیر تولید سایتوکین‌های پیش التهابی مانند تومور نکروز آلفا (TNF- α)^۴ و اینترلوکین‌ها^۵ اعمال می‌شوند. این سایتوکین‌ها میکروگلیا را تحریک کرده و آزادسازی گلوتامات و مهار بازجذب آن را به دنبال دارد (۱۶). در این مطالعه ما اثر حفاظت عصبی کوئرسیتین در مدل تجربی بیماری پارکینسون القاء شده با ۱-متیل-۴-فنیل-۳،۲،۲-تتراهیدروپیریدین در موش‌های سوری نر را مورد بررسی قرار دادیم.

مواد و روش‌ها

حیوانات مورد آزمایش

جهت انجام این مطالعه ۴۸ سر موش سوری نر نژاد NMRI، در محدودهٔ وزنی 25 ± 23 گرم خریداری شده از مرکز انیستو پاستور کرج استفاده شد. حیوانات در محدودهٔ دمایی ۲۴-۲۰ درجهٔ سانتیگراد، رطوبت ۴۵-۴۰ درصد و در شرایط نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و دسترسی آزاد به آب و غذا در قفس‌های پلاستیکی پوشیده شده با خاک اره در اتاق حیوانات نگهداری قرار گرفتند. انجام این آزمایشات مطابق با دستورالعمل مراقبت و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی (چاپ مؤسسهٔ سلامت ملی آمریکا، شمارهٔ ۲۳-۸۵ بازنگری شده در سال ۱۹۸۵) بود و مورد تأیید کمیتهٔ اخلاق دانشگاه آزاد واحد تهران شمال قرار گرفت.

گروه‌های آزمایشی

موش‌های سوری نر نژاد NMRI به‌طور تصادفی به ۶ گروه: ۱- گروه کنترل (دست نخورده)، ۲- گروه سالین، ۳- گروه MPTP، ۴- گروه MPTP+۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کوئرسیتین، ۵- گروه MPTP+۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کوئرسیتین، ۶- گروه MPTP+۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کوئرسیتین تقسیم شدند ($n=8$). قبل از تزریق، حیوانات توسط ترازوی مخصوص توزین موش‌های سوری نر به‌منظور مشخص کردن میزان داروی لازم برای تزریق، وزن شدند.

ایجاد بیماری پارکینسون

طی چهار روز متوالی، گروه‌های پارکینسونی به صورت

بیماری پارکینسون یک اختلال عصبی پیشرونده که نورون‌های دوپامینی در مغز میانی و پروجکت‌های پوتامن و استریاتوم مغزی و قشر مغز را درگیر می‌سازد، همراه با لرزش، سفتی و کندی و همچنین علائمی از جمله اختلالات اتونوم، اختلال در بویایی، اختلال در خواب، افسردگی و زوال عقل است (۱). شیوع بیماری پارکینسون در کشورهای پیشرفته ۰/۳ درصد در جمعیت عمومی، در حدود ۱ درصد در افراد بالای ۶۰ سال و ۴ درصد در افراد بالای ۸۰ سال است (۲). مهم‌ترین عوامل دژنراسیون نورون‌های دوپامینرژیک از قبیل استرس اکسیداتیو، افزایش پراکسیداسیون لیپیدی، تخریب DNA و کاهش سطح گلوکاتینون و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی هستند (۳). در بیماری پارکینسون عوامل دخیل، منجر به اختلال در عملکرد میتوکندریایی، استرس اکسیداتیو و فعال شدن مسیرهای آپوپتوزی می‌گردند که در نهایت باعث تخریب نورون‌های دوپامینرژیک می‌گردند (۴). عوامل محیطی در آسیب تخریب‌کنندهٔ عصبی نقش مهمی ایفاء می‌کنند (۵). ایدهٔ مشارکت عوامل محیطی از کشف سم MPTP^۱ ناشی شده است که این محصول به صورت انتخابی در انسان و مدل‌های آزمایشگاهی باعث مرگ نورون‌های جسم سیاه می‌شود (۶).

کوئرسیتین^۲ یک پلی‌فنول طبیعی است که در سبزیجات و میوه‌جات یافت می‌شود و فلاونوئید اصلی در رژیم غذایی ما می‌باشد (۷). فلاونوئیدها فراوان‌ترین پلی‌فنول رژیم غذایی انسان می‌باشند (۸). فلاونوئیدها شامل آنتوسیانین‌ها، فلاونول‌ها، فلاوانول‌ها، فلاوانون‌ها، فلاوون‌ها و ایزوفلاوون‌ها می‌باشند که کوئرسیتین با ساختار ۳ و ۵ و ۷ و ۳-۴ - پنتاهیدروکسی فلاوون یکی از مهم‌ترین آن‌ها در گروه فلاونوئیدهاست (۹). کوئرسیتین استفادهٔ دارویی نیز دارد و می‌توان از آن برای پیشگیری و درمان بیماری‌های انحطاط نورونی (بیماری‌های نورونیک) از جمله آلزایمر و پارکینسون استفاده کرد (۱۰). کوئرسیتین دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی می‌باشد و همچنین این ماده می‌تواند از سد خونی مغزی عبور نماید (۱۱). در واقع کوئرسیتین اثرات محافظت‌کننده‌ای از نورون‌ها در مدل‌های ناشی از توکسین پارکینسون را دارد (۱۲). مطالعات جدیدی در ارتباط با گیاهان دارویی در درمان اختلالات حرکتی و شناختی ناشی از بیماری پارکینسون وجود دارد (۱۳). در یک بررسی نشان داده شده که در ارتباط با درد و اختلالات خلقی، ترکیب فنلی موجود در گیاهان دارویی، در بهبود درد ناشی از مدل پارکینسون است (۱۴). مطالعات نشان می‌دهد که در سطح مولکولی فنل‌های گیاهی از قبیل فلاونوئیدها، فلاونولیکان‌ها و

¹ 1-Methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine

² Quercetin

³ Neurodegenerative

⁴ Tumor necrosis factor alpha

⁵ Interleukin

تثبیت شدند. سپس با HCL ۲ نرمال به مدت یک ساعت و به دنبال آن با بافر بورات ۰/۱ مولار (PH=۸/۵) به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد انکوبه شد سپس به مدت ۳۰ دقیقه در معرض ۰/۳ درصد تریتون X-۱۰۰ و سرم بز ۱۰ درصد قرار داده شد. سپس با آنتی بادی مونوکلونال ضد تیروزین هیدروکسیلاز (abcam) (۱:۱۰۰) به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتیگراد قرار داده شد، پس از شستشو با بافر فسفات با آنتی بادی ثانویه DABi (abcam) (۱:۱۰۰) به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد و تاریکی قرار داده شد. مقاطع با میکروسکوپ ۱۰۷ Medacm n و دوربین Dino Lite camera و نرم افزار ۲/۰ Dino Capture مطالعه و عکسبرداری شد. پس از رنگ آمیزی ایمنوهیستوشیمی، وضعیت بافتی و تعداد نوروئیدهای دوپامینرژیک جسم سیاه شمارش و تحلیل شد. نحوه تعداد شمارش نوروئیدهای عصبی با استفاده از نرم افزار Image Pro Plus (V ۶)، در این بررسی نقاط با سایز بزرگتر از ۷ میکرومتر به عنوان هسته نوروئیدهای عصبی در نظر گرفته شد.

سنجش کمی سطح اینترلوکین -۱۰ و TNF- α توسط روش الایزا

با توجه به اطللس پاکسینوس، مغزهایی که از جمجمه خارج نموده ایم، نواحی جسم سیاه و جسم مخطط از سایر قسمت های مختلف مغز سریعاً جدا شده و در نیتروژن مایع قرار گرفت. پس از منجمد شدن، بافت در یخچال مخصوص و در دمای منفی ۸۰ درجه سانتیگراد نگهداری شد. بعد از هموژنیز و سانتریفیوژ، در نهایت اندازه گیری سطح پروتئین TNF- α و اینترلوکین -۱۰ با استفاده از کیت الایزا (۱۰۰ ۷۴۷ ab) - Mouse TNF alpha (ELISA Kit, Mouse IL-10 ELISA kit (Interleukin-10) (۱۰۸۸۷۰ ab) محصول شرکت abcam اندازه گیری شد. با استفاده از دستگاه الایزا ریدر ۲۱۰۰ Stat Fax کشور فرانسه در طول موج ۴۵۰ نانومتر در مقابل معرف بلانک انجام گرفت.

آنالیز آماری داده ها

آنالیز داده های حاصل با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۲۲ صورت گرفت. داده ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار برای هر گروه بیان شدند. به منظور طبیعی بودن توزیع داده ها از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف استفاده شد. به منظور تعیین وجود اختلاف معنی دار بین گروه های مورد نظر از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. مقادیر $P < 0.05$ معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته ها

همان گونه که در نمودار ۱ مشاهده می شود، بین گروه های MPTP، MPTP+۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین، MPTP+۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین و

داخل صفاقی داروی MPTP (sigma)، در نرمال سالین حل نمودیم و دوز ۲۵ میلی گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن دریافت کردند.

روش آماده سازی داروی کوئرتستین

۱ گرم کوئرتستین را در ۵ درصد دی متیل سولفو کسید در روغن ذرت حل شد سپس به هر حیوان میزان ۲۵، ۳۰، ۲۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از محلول تهیه شده به صورت خوراکی و مدت ۲۱ روز متوالی گاوژ شدند.

آزمون میله

برای ارزیابی کاتالپسی از آزمون میله^۶ استفاده شد. این آزمون در جوندگانی که در آن ها پارکینسونیسم تجربی توسط هالوپریدول، متیروزین و رزپین و MPTP ایجاد شده است، برای ارزیابی کاتالپسی به کار می رود (۱۷). وسیله مورد استفاده در این آزمون، یک بارفیکس دارای یک سکوی چوبی بود. ارتفاع بارفیکس از سکو ۹ سانتی متر و قطر میله ۰/۹ سانتی متر است. برای انجام آزمایش، حیوان بر روی سکو قرار داده شد و دو دست آن به آرامی روی میله بارفیکس قرار داده شد مدت زمانی که حیوان در این وضعیت باقی ماند ثبت شد. بدیهی است هرچه کاتالپسی حیوان شدیدتر بود مدت زمان بیشتری در وضعیت اتصال سپری می کرد. پس از ایجاد مدل و درمان با کوئرتستین، سپس موش ها را ۲۴ ساعت پس از آخرین آزمایش، با رعایت اصول اخلاقی ابتدا با تزریق درون صفاقی ترکیبی از کتامین و زایلازین بیهوش نموده و سر آن ها با کمک قیچی مخصوص جدا کردن کل مغز از جمجمه برای ایمنوهیستوشیمی، سنجش کمی سطح اینترلوکین -۱۰ و TNF- α خارج نموده ایم.

رنگ آمیزی ایمنوهیستوشیمی

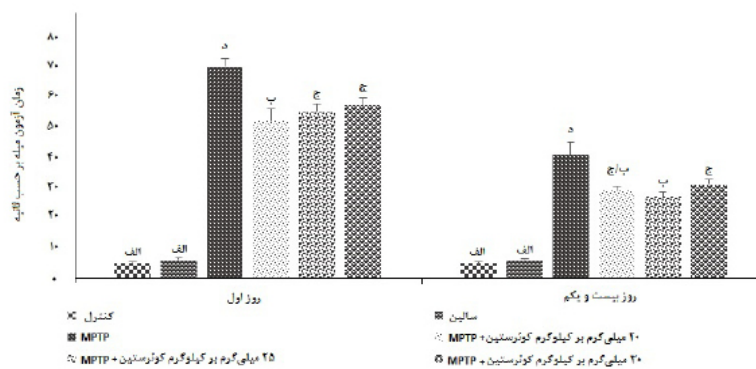
به منظور تأیید تخریب نوروئیدهای دوپامینی بخش متراکم جسم سیاه در اثر آسیب با نورو توکسین، از آنتی بادی آنتی تیروزین هیدروکسیلاز^۷ (TH) استفاده شد. به منظور انجام این روش بافت های مغز پس از استخراج ۲۴ ساعت در فرمالین - سالین قرار داده شد، سپس مراحل آبیگری و پردازش روی آن ها انجام گرفت. بافت ها در پارافین مذاب قالب گیری شد. ۲۴ ساعت پس از قالب گیری و سرد شدن کامل، قالب ها آماده برش گیری شد. برش گیری با استفاده از دستگاه میکروتوم روتاری معمولاً با ضخامت ۱۰ میکرون انجام شد. برش ها پس از عبور از حمام آب گرم، زمانی که کاملاً بدون چروک بافتی بودند بر روی لام هایی که قبلاً آغشته به چسب شده اند قرار گرفت. چسب مورد استفاده در این روش با توجه به متعدد بودن مراحل شست و شو از چسب آلبومین استفاده شد که کاملاً سطح لام با آن آغشته شد. پس از قرار دادن لام ها در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت، سلول ها با پارافرمالدئید ۴ درصد به مدت نیم ساعت

⁶ Bar-test

⁷ Tyrosine hydroxylase

تفاوت معنی‌داری وجود نداشته است ($P>0/05$)، ولی بین گروه $25+MPTP$ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین با $30+MPTP$ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین تفاوت معنی‌داری وجود داشته است ($P>0/05$)، در یک نگاه کلی به نمودار، میزان اثر 25 میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین در زمان آزمون میله نسبت به 20 میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین و 30 میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین بیشتر بوده و کاهش معنی‌داری در زمان آزمون میله در مقایسه با گروه $MPTP$ ایجاد کرده است.

جدول ۱ مقادیر میانگین و انحراف معیار مربوط به شمارش نورونی دوپامینرژیک در بخش جسم سیاه را نشان می‌دهد. آزمون ANOVA یکطرفه و تست تعقیبی توکی نشان داد که اختلاف معنی‌داری در تعداد شمارش نورونی بین گروه‌های کنترل ($151/67 \pm 7/638$) و سالیین ($147/63 \pm 10/149$) با گروه $MPTP$ ($83/67 \pm 7/572$) وجود دارد ($P<0/001$). گاوژ 20 میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($103/67 \pm 9/019$) و 25 میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($99/33 \pm 7/371$) به همراه $MPTP$ تفاوت معنی‌داری در تعداد شمارش نورونی ایجاد نکرد ($P>0/05$) ولی گاوژ 30 میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین به همراه $MPTP$ افزایش معنی‌داری در تعداد شمارش نورونی ایجاد کرد ($30+MPTP$ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین $145/33 \pm 7/095$ و $MPTP$ $83/67 \pm 7/572$) ($P<0/001$).



شماره ۱

نمودار ۱- بررسی اثر کوئرتستین بر زمان آزمون میله در موش‌های سوری نر مبتلا به پارکینسون در روزهای اول و بیست و یکم. مقایسه زمان آزمون میله در تمامی گروه‌های مورد مطالعه در روزهای اول، بیست و یکم، حروف هم نام به معنای عدم تفاوت معنی‌دار است و حروف غیرهم نام به معنای وجود تفاوت معنی‌داری است. داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. $P<0/05$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

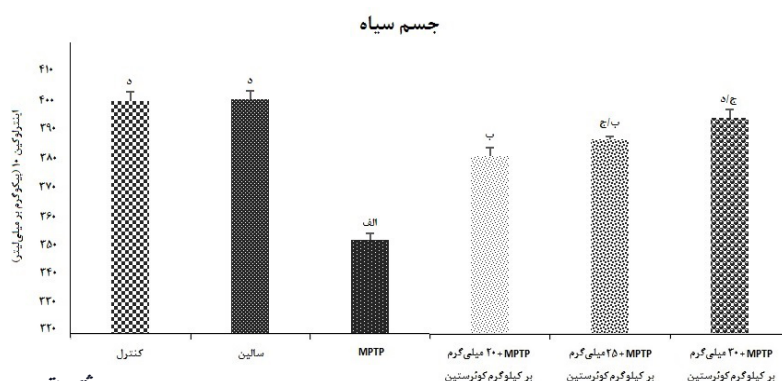
جدول ۱- شمارش نورونی دوپامینرژیک در برش‌های ناحیه جسم سیاه گروه‌های مورد آزمایش انجام شده است. داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. $P<0/05$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد. حروف هم نام به معنای عدم تفاوت معنی‌دار است و حروف غیرهم نام به معنای وجود تفاوت معنی‌داری است. میزان از دست رفتن معنی‌داری نورونی در گروه $MPTP$ در مقایسه با گروه‌های کنترل و سالیین به صورت $P<0/001$ نشان داده شده است. همچنین گروه $30+MPTP$ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین با گروه $MPTP$ افزایش معنی‌داری را نشان داده است ($P<0/001$).

شمارش نورونی	گروه‌های مورد آزمایش
$151/67 \pm 7/638^b$	کنترل (دست نخورده)
$147/63 \pm 10/149^b$	سالیین
$83/67 \pm 7/572^a$	MPTP
$103/67 \pm 9/019^a$	$20 + MPTP$ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین
$99/33 \pm 7/371^a$	$25 + MPTP$ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین
$145/33 \pm 7/095^b$	$30 + MPTP$ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین

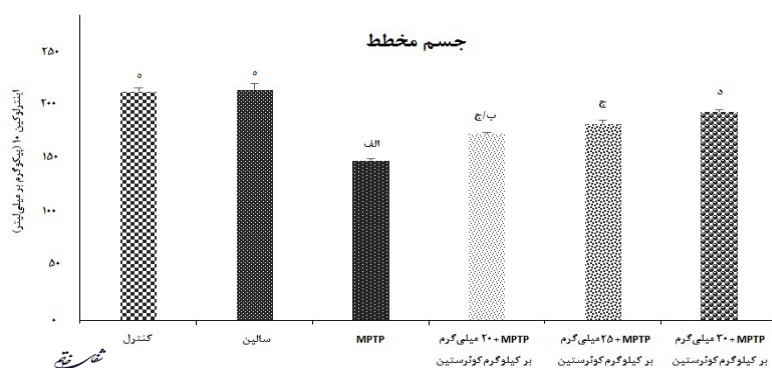
شماره ۱

همان گونه که در نمودار ۳ مشاهده می شود، گروه MPTP ($147/6 \pm 1/808$) نسبت به گروه کنترل ($3/67$) $211/53 \pm$ کاهش معنی دار، سطح اینترلوکین -۱۰ در جسم مخطط را دارا می باشد ($P < 0/05$). اینترلوکین -۱۰، به عنوان یک فاکتور ضد التهاب محسوب می شود و در گروه MPTP باعث کاهش سطح اینترلوکین -۱۰ در نورون های دوپامینرژیک در ناحیه جسم مخطط در مدل حیوانی بیماری پارکینسون می شود. همچنین در گروه های MPTP+۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرستین ($1779/23 \pm 1/779$)، MPTP+۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرستین ($181/4 \pm 3/387$) و MPTP+۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرستین ($192/47 \pm 2/15$) نسبت به گروه کنترل کاهش معنی دار، سطح اینترلوکین -۱۰ در جسم مخطط مشاهده شده است. در گروه های MPTP+۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرستین ($1779/23 \pm 1/779$)، MPTP+۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرستین ($181/4 \pm 3/387$) و MPTP+۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرستین ($192/47 \pm 2/15$) نسبت به گروه MPTP ($147/6 \pm 1/808$) مشاهده شد ($P < 0/05$). گاوژا منظم کوئرستین به دلیل بودن خواص ضد التهابی باعث افزایش سطح اینترلوکین -۱۰ شده و از افزایش التهاب ناشی از MPTP در ناحیه جسم مخطط جلوگیری می شود.

همان گونه که در نمودار ۲ مشاهده می شود، در گروه MPTP ($352/2 \pm 2/129$) نسبت به گروه کنترل ($3/383$) $399/77 \pm$ کاهش معنی دار، سطح اینترلوکین -۱۰ در جسم سیاه را دارا می باشد ($P < 0/05$). اینترلوکین -۱۰، به عنوان یک فاکتور ضد التهاب محسوب می شود و در گروه MPTP باعث کاهش سطح اینترلوکین -۱۰ در نورون های دوپامینرژیک در ناحیه جسم سیاه در مدل حیوانی بیماری پارکینسون می شود. همچنین در گروه های MPTP+۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرستین ($381/13 \pm 2/6$)، MPTP+۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرستین ($386/67 \pm 1/07$) نسبت به گروه کنترل ($399/77 \pm 3/383$) کاهش معنی دار، سطح اینترلوکین -۱۰ در جسم سیاه شده است. در گروه های MPTP+۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرستین ($381/13 \pm 2/6$)، MPTP+۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرستین ($386/67 \pm 1/07$) و MPTP+۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرستین ($394/17 \pm 2/815$) نسبت به گروه MPTP ($352/2 \pm 2/129$) افزایش معنی دار سطح اینترلوکین -۱۰ در جسم سیاه مشاهده شد ($P < 0/05$). گاوژا منظم کوئرستین به دلیل دارا بودن خواص ضد التهابی باعث افزایش سطح اینترلوکین -۱۰ شده و از افزایش التهاب ناشی از MPTP در ناحیه جسم سیاه جلوگیری می شود.



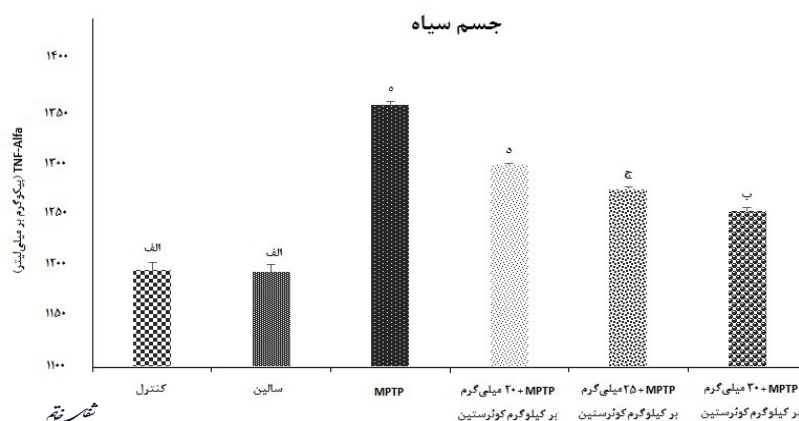
نمودار ۲- مقایسه سطح پروتئین اینترلوکین -۱۰ در ناحیه جسم سیاه مغز، داده ها به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. $P < 0/05$ به عنوان سطح معنی دار در نظر گرفته شد. حروف هم نام به معنای عدم تفاوت معنی دار است و حروف غیر هم نام به معنای وجود تفاوت معنی داری است.



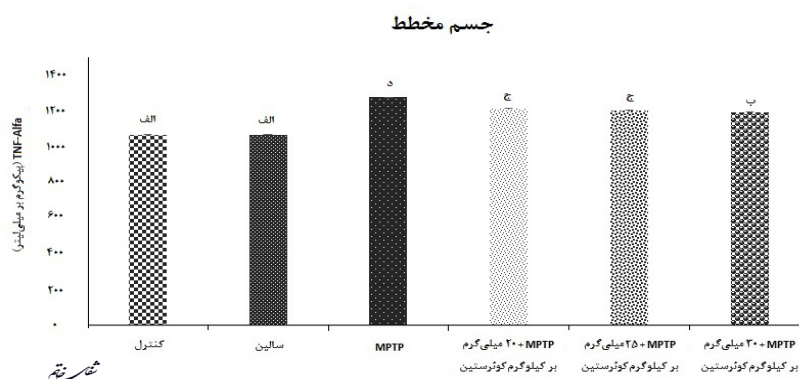
نمودار ۳- مقایسه سطح پروتئین اینترلوکین -۱۰ در ناحیه جسم مخطط مغز، داده ها به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. $P < 0/05$ به عنوان سطح معنی دار در نظر گرفته شد. حروف هم نام به معنای عدم تفاوت معنی دار است و حروف غیر هم نام به معنای وجود تفاوت معنی داری است.

همچنین نتایج در نمودار ۵ نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار، سطح $TNF-\alpha$ در جسم مخطط در گروه MPTP ($1272/0.3 \pm 2/0.84$) نسبت به گروه کنترل ($3/884 \pm 1062/0.3$) می‌باشد که باعث افزایش میزان التهاب در نوروں‌های دوپامینرژیک در ناحیه جسم مخطط در مدل حیوانی شده است ($P < 0.05$). همچنین در گروه‌های MPTP + ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1207/0.3 \pm 3/86$)، MPTP + ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1198/7 \pm 1/552$) و MPTP + ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1187/47 \pm 2/85$) نسبت به گروه کنترل ($3/884 \pm 1062/0.3$) افزایش معنی‌دار سطح $TNF-\alpha$ در جسم مخطط مشاهده شده است. در گروه‌های MPTP + ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1207/0.3 \pm 3/86$)، MPTP + ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1198/7 \pm 1/552$) و MPTP + ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1187/47 \pm 2/85$) نسبت به گروه MPTP ($1272/0.3 \pm 2/0.84$) کاهش معنی‌دار سطح $TNF-\alpha$ در جسم مخطط مشاهده شد ($P < 0.05$). گواژ منظم کوئرتستین به دلیل دارا بودن خواص ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش سطح $TNF-\alpha$ شده است.

همان‌گونه که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود، در گروه MPTP ($1354/2 \pm 3/172$) نسبت به گروه کنترل ($8/03 \pm 1193/3$) افزایش معنی‌دار، سطح $TNF-\alpha$ در جسم سیاه مشاهده شد که MPTP باعث افزایش میزان التهاب در نوروں‌های دوپامینرژیک در ناحیه جسم سیاه در مدل حیوانی بیماری پارکینسون می‌شود ($P < 0.05$). همچنین در گروه‌های MPTP + ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1295/7 \pm 1/834$)، MPTP + ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1272/5 \pm 2/303$) و MPTP + ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1250/7 \pm 3/386$) نسبت به گروه کنترل ($8/03 \pm 1193/3$) افزایش معنی‌دار سطح $TNF-\alpha$ در جسم سیاه مشاهده شده است. در گروه‌های MPTP + ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1295/7 \pm 1/834$)، MPTP + ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1272/5 \pm 2/303$) و MPTP + ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوئرتستین ($1250/7 \pm 3/386$) نسبت به گروه MPTP ($1354/2 \pm 3/172$) کاهش معنی‌دار سطح $TNF-\alpha$ در جسم سیاه مشاهده شد ($P < 0.05$). گواژ منظم کوئرتستین به دلیل دارا بودن خواص ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش سطح $TNF-\alpha$ شده است.



نمودار ۴- مقایسه سطح پروتئین $TNF-\alpha$ در ناحیه جسم سیاه مغز. داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. $P < 0.05$ به عنوان سطح معنی‌دار در نظر گرفته شد. حروف هم نام به معنای عدم تفاوت معنی‌دار است و حروف غیرهم نام به معنای وجود تفاوت معنی‌داری است.



نمودار ۵- مقایسه سطح پروتئین $TNF-\alpha$ در ناحیه جسم مخطط مغز. داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. $P < 0.05$ به عنوان سطح معنی‌دار در نظر گرفته شد. حروف هم نام به معنای عدم تفاوت معنی‌دار است و حروف غیرهم نام به معنای وجود تفاوت معنی‌داری است.

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر حفاظت عصبی کوثرستین در مدل تجربی بیماری پارکینسون القاء شده با ۱-متیل-۴-فنیل-۱۰،۲،۳،۶-تتراهیدروپیریدین انجام شد. نتایج به دست آمده نشان داده گاوژ کوثرستین در سه دوز ۳۰-۲۵-۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم به مدت ۲۱ روز موجب بهبود کاتالپسی و اثرات محافظتی عصبی نورونی در جسم سیاه و افزایش سطح اینترلوکین-۱۰ و کاهش سطح $TNF-\alpha$ در دو ناحیه جسم سیاه و جسم مخطط را دارا می باشند.

در مطالعات پیشین MPTP بعد از تجویز سیستمیک به سرعت از سد خونی مغز می گذرد، MPTP می تواند به واسطه آنزیم منوآمینواکسیداز-B (MAO-B)^۸ به یون ۱-متیل-۴-فنیل پیریدینیوم^۹ (MPP⁺) تبدیل شود. بعد از آن این ماده با مکانیسم ناشناخته ای به فضای خارج سلولی آزاد می شود، در داخل نورون های دوپامینرژیک تجمع پیدا کرده و کمپلکس میتوکندریال زنجیره انتقال الکترونی را مهار می کند و بدین صورت موجب افزایش گونه های رادیکال آزاد درون سلولی می شود که منجر به مرگ سلولی می گردد (۱۸) آزمون میله، برای ارزیابی کاتالپسی (سفتی عضلانی) القاء شده با MPTP استفاده شد. نتایج آزمون میله نشان داد که گروه MPTP نسبت به گروه کنترل افزایش معنی داری در زمان آزمون میله داشته است. بنابراین بر اساس تحقیقات انجام شده و همچنین طبق نتایج آزمون میله می توان اثرات مفید کوثرستین در بیماری پارکینسون را تأیید کرد. در نتیجه اثر یک دوره ۲۱ روز گاوژ کوثرستین، در گروه های دریافت کننده MPTP+۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوثرستین، گروه MPTP+۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم کوثرستین و MPTP+۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم کوثرستین باعث کاهش معنی داری در زمان آزمون میله نسبت به گروه MPTP شده است و به دلیل خواص آنتی اکسیدانتی و ضد التهابی موجب بهبود کاتالپسی گردید. کوثرستین یکی از رایج ترین فلاونول ها است و یک داروی محافظت کننده از نورون می باشد که می توان برای درمان پارکینسون استفاده نمود (۱۹). کوثرستین نیز به عنوان یک مهار کننده MAO-A^{۱۰} با جلوگیری از شکسته شدن دوپامین موجب حفظ سطوح دوپامین در نورون های دوپامینرژیک می شود (۲۰). مطالعات اخیر نشان دادند که کوثرستین از سد خونی مغزی عبور و با مهار تشکیل ROS^{۱۱} نقش محافظت نورونی ایفاء می کند (۲۱). شواهدی وجود دارد که فلاونوئیدها به طور مؤثری اثرات زیان بار رادیکال ها، ROS و RNS^{۱۲} را رقیق می کنند (۲۲). کوثرستین از سلول های عصبی در مقابل تحلیل عصبی ناشی از استرس اکسیداتیو در بیماری های عصبی محافظت می کند و موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی، بهبود فعالیت کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز

و همچنین جلوگیری از کاهش گلوتاتیون می گردد (۲۳). نتایج ایمنوهیستوشیمی نشان داده تعداد نورون های دوپامینرژیک در جسم سیاه موش های دریافت کننده MPTP کاهش یافته است. در حالی که گاوژ کوثرستین به مدت ۲۱ روز موجب افزایش تعداد نورون های دوپامینرژیک در جسم سیاه شده است.

کوثرستین با خاصیت آنتی اکسیدانی، با مهار کاتکول-0-متیل با جلوگیری از کاهش دوپامین و حفظ سطح دوپامین موجب بهبود بقای سلول های عصبی می گردد، بنابراین در درمان بیماری پارکینسون شناخته شده است (۲۴). در مدل پارکینسونی ناشی از سم MPTP در سه غلظت کوثرستین ۲۰۰، ۱۰۰، ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم مورد بررسی قرار گرفته بود، نتایج نشان داده مؤثرترین غلظت از دو غلظت دیگر منجر به افزایش سطح دوپامین، استیل کولین و فعالیت حرکتی می گردد (۲۵). اگر غلظت کوثرستین به طور مستمر تکرار و باعث تجمع در پلاسما (نیمه عمر پلاسمائی کوثرستین ۸ تا ۱۱ ساعت) می گردد و سبب نتیجه مطلوب می شود (۲۶). در تحقیقات انجام شده سیستم عصبی نسبت به التهاب بسیار حساس بوده است و شواهد نشان داده که کوثرستین قادر به کاهش $IL-1\alpha$ و $TNF-\alpha$ دو سایتوکین مرتبط با التهاب است. همچنین کوثرستین موجب کاهش مرگ نورون های دوپامینرژیک ناشی از فعال سازی میکروگلیاها می گردد. کوثرستین پلی فنل که موجب کاهش مرگ نورونی و به عنوان یک ضد التهاب قوی، فعالیت میکروگلیاها را مهار کرده و بنابراین به کاهش التهاب که مشخصه اختلالات تحلیل برنده عصبی است، کمک می کند (۲۷). پژوهش حاضر نشان داد که هر سه دوز ۳۰، ۲۵، ۲۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم کوثرستین باعث کاهش سطح $TNF-\alpha$ و در کاهش میزان التهاب در نورون های دوپامینرژیک در نواحی جسم سیاه و جسم مخطط در مدل پارکینسون القاء شده با MPTP مؤثر بوده است.

کوثرستین توانایی کاهش سایتوکین های التهابی مانند اینترلوکین-۱۸ و اینترلوکین-۸ و افزایش سایتوکین های ضد التهابی مانند اینترلوکین-۱۰ را دارا است (۲۸). کوثرستین با کاهش بیان سایتوکین پیش التهابی در بیماران پارکینسونی و با افزایش فعالیت چندین آنزیم اکسیدانی سبب مهار فعالیت بالای میکروگلیا از طریق پاکسازی رادیکال های آزاد می شود (۲۸). نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد که هر سه دوز ۳۰، ۲۵، ۲۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم کوثرستین باعث افزایش سطح اینترلوکین-۱۰ در نورون های دوپامینرژیک در نواحی جسم سیاه و جسم مخطط در مدل پارکینسون القاء شده با MPTP مؤثر واقع شده است. در نهایت کوثرستین به عنوان یک عامل ضد التهاب عمل کرده است. در گروه های دریافت کننده کوثرستین این فاکتور

⁸ Monoamine oxidase B

⁹ 1-methyl-4-phenylpyridinium

¹⁰ Monoamine oxidase A

¹¹ Reactive oxygen species

¹² Regulatory news service

التهاب مؤثر بوده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله بر اساس بخشی از پایان‌نامه دانشجویی دکتری تایید شده توسط معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال انجام گرفته است. بدینوسیله از کلیه عزیزانی که در انجام این تحقیق همکاری صمیمانه داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

افزایش معنی‌داری نسبت به MPTP داشته است و در نتیجه باعث شده است تا التهاب در آن‌ها کاهش پیدا کند. این تحقیق نشان می‌دهد که با وجود آنکه کوئرستین می‌تواند در مدل بیماری پارکینسون اثر درمانی اعمال کند، با این حال مصرف کوئرستین به علت خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی نسبت به بیماری در کاهش سفتی حرکتی در نتیجه موجب بهبود کاتالپسی و محافظت از آسیب نورونی و کاهش میزان

منابع

1. Quik M, Bordia T, Zhang D, Perez XA. Nicotine and nicotinic receptor drugs: potential for Parkinson's disease and drug-induced movement disorders. *Int Rev Neurobiol*. 2015; 124: 247-71.
2. Dorsey E, Constantinescu R, Thompson J, Biglan K, Holloway R, Kieburtz K, et al. Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030. *Neurology*. 2007; 68(5): 384-6.
3. Dauer W, Przedborski S. Parkinson's disease: mechanisms and models. *Neuron*. 2003; 39(6): 889-909.
4. Lin T-K, Liou C-W, Chen S-D, Chuang Y-C, Tiao M-M, Wang P-W, et al. Mitochondrial dysfunction and biogenesis in the pathogenesis of Parkinson's disease. *Chang Gung Med J*. 2009; 32(6): 589-99.
5. Rascol O, Payoux P, Ory F, Ferreira JJ, Brefel-Courbon C, Montastruc JL. Limitations of current Parkinson's disease therapy. *Ann Neurol*. 2003; 53(S3): S3-S15.
6. Berry C, La Vecchia C, Nicotera P. Paraquat and Parkinson's disease. *Cell Death Differ*. 2010; 17(7): 1115-25.
7. Hertog MG, Kromhout D, Aravanis C, Blackburn H, Buzina R, Fidanza F, et al. Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Arch Intern Med*. 1995; 155(4): 381-6.
8. Li X, Wang R, Zhou N, Wang X, Liu Q, Bai Y, et al. Quercetin improves insulin resistance and hepatic lipid accumulation in vitro in a NAFLD cell model. *Biomed Rep*. 2013; 1(1): 71-6.
9. Bahadoran Z, Mirmiran P, Azizi F. Dietary polyphenols as potential nutraceuticals in management of diabetes: a review. *J Diabetes Metab Disord*. 2013; 12(1): 43. doi: 10.1186/2251-6581-12-43.
10. Panchal SK, Poudyal H, Brown L. Quercetin ameliorates cardiovascular, hepatic, and metabolic changes in diet-induced metabolic syndrome in rats. *J Nutr*. 2012; 142(6): 1026-32.
11. Haleagrahara N, Siew CJ, Mitra NK, Kumari M. Neuroprotective effect of bioflavonoid quercetin in 6-hydroxydopamine-induced oxidative stress biomarkers in the rat striatum. *Neurosci Lett*. 2011; 500(2): 139-43.
12. Ishisaka A, Ichikawa S, Sakakibara H, Piskula MK, Nakamura T, Kato Y, et al. Accumulation of orally administered quercetin in brain tissue and its antioxidative effects in rats. *Free Radic Biol Med*. 2011; 51(7): 1329-36.
13. Cao LF, Peng XY, Huang Y, Wang B, Zhou FM, Cheng RX, et al. Restoring spinal noradrenergic inhibitory tone attenuates pain hypersensitivity in a rat model of Parkinson's disease. *Neural Plast*. 2016; 2016.
14. Shobana C, Kumar RR, Sumathi TJC, neurobiology m. Alcoholic extract of *Bacopa monniera* Linn. protects against 6-hydroxydopamine-induced changes in behavioral and biochemical aspects: a pilot study. *Cellular and Molecular Neurobiology*. 2012; 32(7): 1099-112.
15. Craig WJ. Health-promoting properties of common herbs. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1999; 70(3): 491s-9s.
16. Sekine Y, Ouchi Y, Sugihara G, Takei N, Yoshikawa E, Nakamura K, et al. Methamphetamine causes microglial activation in the brains of human abusers. *J Neurosci*. 2008; 28(22): 5756-61.
17. Toy WA, Petzinger GM, Leyshon BJ, Akopian GK, Walsh JP, Hoffman MV, et al. Treadmill exercise reverses dendritic spine loss in direct and indirect striatal medium spiny neurons in the 1-methyl-4-phenyl-1, 2, 3, 6-tetrahydropyridine (MPTP) mouse model of Parkinson's disease. *Neurobiol Dis*. 2014; 63: 201-9.
18. Ferreira M, Massano J. An updated review of Parkinson's disease genetics and clinicopathological correlations. *Acta Neurol Scand*. 2017; 135(3): 273-84.
19. Furia E, Marino T, Russo NJDT. Insights into the

coordination mode of quercetin with the Al (III) ion from a combined experimental and theoretical study. Dalton Transactions. 2014; 43(19): 7269-74.

20. Ginwala R, McTish E, Raman C, Singh N, Nagarkatti M, Nagarkatti P, et al. Apigenin, a natural flavonoid, attenuates EAE severity through the modulation of dendritic cell and other immune cell functions. J Neuroimmune Pharmacol. 2016; 11(1): 36-47.

21. Wruck C, Claussen M, Fuhrmann G, Römer L, Schulz A, Pufe T, et al. Luteolin protects rat PC 12 and C6 cells against MPP⁺ induced toxicity via an ERK dependent Keap1-Nrf2-ARE pathway. J Neural Transm Suppl. 2007; 72: 57-67.

22. Gazal M, Kaufmann FN, Acosta BA, Oliveira PS, Valente MR, Ortmann CF, et al. Preventive effect of *Cecropia pachystachya* against ketamine-induced manic behavior and oxidative stress in rats. Neurochem Res. 2015; 40(7): 1421-30.

23. Sriraksa N, Wattanathorn J, Muchimapura S, Tiamkao S, Brown K, Chaisiwamongkol KJE-BC, et al. Cognitive-enhancing effect of quercetin in a rat model of Parkinson's disease induced by 6-hydroxydopamine. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2012; 2012.

24. Xia SF, Xie ZX, Qiao Y, Li LR, Cheng XR, Tang X, et al. Differential effects of quercetin on hippocampus-dependent learning and memory in mice fed with different diets related with oxidative stress. Physiol Behav. 2015; 138: 325-31.

25. Sharma DR, Wani WY, Sunkaria A, Kandimalla RJ, Verma D, Cameotra SS, et al. Quercetin protects against chronic aluminum-induced oxidative stress and ensuing biochemical, cholinergic, and neurobehavioral impairments in rats. Neurotox Res. 2013; 23(4): 336-57.

26. Nassiri-Asl M, Hajiali F, Taghiloo M, Abbasi E, Mohseni F, Yousefi F. Comparison between the effects of quercetin on seizure threshold in acute and chronic seizure models. Toxicol Ind Health. 2016; 32(5): 936-44.

27. Radonjić NV, Knežević ID, Vilimanovich U, Kravić-Stevović T, Marina LV, Nikolić T, et al. Decreased glutathione levels and altered antioxidant defense in an animal model of schizophrenia: long-term effects of perinatal phencyclidine administration. Neuropharmacology. 2010; 58(4-5): 739-45.

28. Das N, Sikder K, Bhattacharjee S, Majumdar SB, Ghosh S, Majumdar S, et al. Quercetin alleviates inflammation after short-term treatment in high-fat-fed mice. Food Funct. 2013; 4(6): 889-98.