

اثر تروگزروتین بر ایسکمی مغزی دایم در موش سوری نر

پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۳

دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷

محدثه محمدی^۱، علی شمسی‌زاده^۲، محمدرضا رحمانی^۲، آیت کائیدی^۲، جلال حسن‌شاهی^۲، غلامرضا بازماندگان^۲، الهام حکیمی‌زاده^۲، امیر مقدم احمدی^۲، محمد اله توکلی^{۲*}

۱. مرکز تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران ۲. مرکز تحقیقات فیزیولوژی- فارماکولوژی، پژوهشکده علوم پایه پزشکی، گروه فیزیولوژی و فارماکولوژی، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران

چکیده

مقدمه و هدف: سکنه مغزی یکی از کشنده‌ترین بیماری‌های نورولوژیکی و مهم‌ترین عامل ناتوانی افراد بالای ۶۵ سال می‌باشد. شاید بتوان با استفاده از مواد آنتی‌اکسیدان و به دنبال آن مهار مکانیسم‌های اکسیداتیو و التهاب‌زا، از وقوع عوارض ایسکمی مغزی کم کرد. تروگزروتین یک ماده با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی است که تاکنون اثرات محافظت‌کننده عصبی آن مورد بررسی قرار نگرفته است. در این مطالعه به بررسی اثر تروگزروتین بر آسیب مغزی ایسکمیک در موش‌های سوری نر پرداخته‌است.

روش کار: در این مطالعه تجربی از ۳۹ سر موش سوری نر (۲۵-۳۰ گرم) استفاده شد. حیوانات به سه گروه شامل: ۱. گروه شم ۲. گروه ایسکمی مغزی ۳. گروه ایسکمی مغزی با دریافت داروی تروگزروتین تقسیم شدند. در ابتدا در حیوانات گروه دوم و سوم ایسکمی مغزی ایجاد شد. ۵ ساعت پس از آن، گروه ۳ تروگزروتین به میزان ۳۰۰ mg/kg به صورت داخل صفاقی دریافت کردند. سپس ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد اثر تروگزروتین بر اختلالات نورولوژیک حسی و حرکتی، ادم مغزی، حجم انفارکتوس، مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز آماری توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و آزمون واریانس یک‌طرفه و دو طرفه انجام شد.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد تروگزروتین باعث کاهش حجم سکنه ($p < 0/05$) و ادم مغزی ($p < 0/05$) در مقایسه با گروه کنترل شد. همچنین تروگزروتین عملکرد حسی- حرکتی ($p < 0/0001$) و عملکرد تعادلی و توان عضلانی ($p < 0/05$) را بهبود بخشید.

نتیجه‌گیری: درمان با تروگزروتین می‌تواند اثرات مفیدی بر روی عوارض و اختلالات ناشی از ایسکمی مغزی داشته‌باشد.

کلیدواژه‌ها: ایسکمی مغزی، تروگزروتین، آنتی‌اکسیدان

* نویسنده مسئول: استاد فیزیولوژی، مرکز تحقیقات فیزیولوژی- فارماکولوژی، پژوهشکده علوم پایه پزشکی، گروه فیزیولوژی و فارماکولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران

نمابر: ۰۳۴۳۱۳۱۵۰۰۳

تلفن: ۰۳۴۳۱۳۱۵۰۸۳

ایمیل: m_alahavakoli@rums.ac.ir

مقدمه

سومین علت اصلی مرگ در جهان و نیز مهم‌ترین علت معلولیت (ناتوانی) طولانی مدت در کشورهای مهم صنعتی است. شمار تخمینی مرگ ۵/۵ میلیون نفر، به همراه ناتوانی ۴۴ میلیون نفری که سالانه در سراسر جهان می‌میرند نیز ناشی از این بیماری است (۱، ۲). بیش از ۸۰٪ موارد سکته مغزی در سراسر جهان، ایسکمیک هستند که به دنبال کاهش یا قطع جریان خون موضعی مغز، سلول‌های عصبی در مرکز قطع جریان خون (مرکز ضایعه یا Core) در چند دقیقه اول سکته مغزی از بین می‌روند و آسیب‌های اولیه را ایجاد می‌کنند. در حالی که سلول‌های عصبی که مرکز ضایعه یا پنامبرا^۱ را احاطه کرده‌اند، زنده بوده و فاقد عملکرد طبیعی هستند که ممکن است به تدریج از بین رفته و آسیب ثانویه پس از سکته مغزی را ایجاد کنند (۳). برای این سلول‌ها قابلیت بازیابی به وسیله داروهای محافظت‌کننده عصبی^۲ متصور شده‌اند (۴). به همین دلیل، امروزه علاوه بر اتخاذ تدابیری برای درمان‌های حل‌کننده لخته جهت بازکردن مجدد عروق مسدودشده، تحقیقات گسترده‌ای نیز بر روی روش‌های درمانی دارویی که از نوروپات‌ها در شرایط ایسکمی محافظت می‌کند متمرکز شده‌است (۵).

از جمله مکانیسم‌های دیگری که منجر به ایجاد آسیب جدی به نوروپات‌ها و گسترش ناحیه ایسکمیک از سمت بخش مرکزی به طرف منطقه پنامبرا و در نتیجه افزایش مرگ و ناتوانی در این دسته از بیماران می‌شود، فرآیندهای التهابی هستند. استفاده از مواد و یا داروهای گیاهی که خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارند، ممکن است بتواند هم مغز را در مقابل آسیب‌های ناشی از اکسیدانها در سکته مغزی محافظت نموده و باعث کاهش مرگ و میر نوروپاتی شود و هم باعث افزایش مدت زمان طلایی لازم برای استفاده از داروهای ترومبولیتیک در مراکز درمانی شوند. علاوه بر این نشان داده شده است که ترکیبات گیاهی مفید هستند و عوارض جانبی آنها بسیار کم است. بنابراین استفاده از ترکیبات گیاهی برای بسیاری از محققان در برابر محصولات مصنوعی جذاب‌تر است (۶). تاکنون مطالعات متعددی در رابطه با اثرات نوروپروتکتیو گیاهان دارویی و ترکیبات مؤثر آنها بر ایسکمی مغزی در نقاط مختلف جهان صورت گرفته که در نتیجه آن مشاهده شده که گیاهان دارویی

و برخی ترکیبات فعال آنها قادرند حجم ضایعه مغزی، ادم مغز و آسیب نوروپاتی را کاهش داده و میزان اختلالات حسی، حرکتی و نورولوژیک متعاقب ایسکمی را به حداقل برسانند (۷-۱۰).

پلی‌فنول‌ها، ترکیبات بیولوژیکی با منشأ گیاهی هستند که حداقل دو گروه هیدروکسیل دارند (۵). پلی‌فنول‌ها به چهار زیر گروه شامل فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک، استیلین‌ها و لیگنانها تقسیم می‌شوند (۱۱). بیشترین اثرات مفید پلی‌فنول‌ها به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی آنها است (۱۲). تروگزروتین^۳ یا ویتامین P4 با فرمول شیمیایی C33H42O19 (۱۳) نوعی فلاونوئید از مشتقات تری‌هیدروکسی اتیله شده بیوفلاونوئید روتین می‌باشد که از گیاهی با نام علمی *Sophora japonica* (تلخ بیان ژاپنی) استخراج می‌گردد. این ماده به راحتی از دستگاه گوارش جذب و وارد مغز می‌شود (۱۴، ۱۵). تروگزروتین اثرات دارویی نظیر خاصیت آنتی‌اکسیدانی (۱۶)، ضد التهابی (۱۷)، و محافظت‌کننده سیستم عصبی (۱۸) دارد.

در مطالعات انجام شده بر روی سگته، به نقش مواد با خاصیت آنتی‌اکسیدان و ضدالتهاب در کاهش آسیب ایسکمیک بافت مغز اشاره شده‌است. همچنین با توجه به اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی اثبات شده برای تروگزروتین و به دلیل اینکه تاکنون اثرات این فلاونوئید بر روی ایسکمی مغزی گزارش نشده‌است. این مطالعه با هدف تعیین اثرات تروگزروتین بر آسیب‌های نوروپاتی بافت مغز متعاقب ایسکمی در موش‌های سوری نر طراحی گردید.

روش کار

در این مطالعه تجربی، ابتدا ۳۹ سر موش سوری نر (۳۰-۲۵ گرم) از حیوان‌خانه دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان تهیه گردید. موش‌ها به صورت تصادفی در سه گروه در قفس‌های پلاستیکی در یک چرخه ۱۲ ساعته روشنایی/ تاریکی (روشنایی از ساعت ۰۷:۰۰ الی ۱۹:۰۰) با دسترسی آزاد به غذا و آب و در دمای ۲۳±۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شدند. تمام مراحل آزمایشی مطابق دستورالعمل مراقبت و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی در دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان انجام شد. جهت ارزیابی اثر تروگزروتین بر آسیب‌های مغزی ناشی از ایسکمی، با توجه به مطالعات مشابه و توزیع نرمال داده‌ها حیوانات به صورت تصادفی به سه گروه سیزده‌تایی زیر تقسیم شدند (۱۹).

¹Penumbra

²Neuro protection drug

³Troxerutin

گروه یک (n=۱۳) (شم^۱): در این گروه فقط عمل جراحی صورت گرفت ولی شریان مغزی میانی (MCA) بسته نشد. گروه دو (n=۱۳) (کنترل ایسکمیک): در این گروه حلال دارویی پنج ساعت بعد از القای ایسکمی به صورت داخل صفاقی تزریق شد. گروه سه (n=۱۳): در این گروه داروی تروگزروتین ۳۰۰ (mg/kg) پنج ساعت بعد از القای ایسکمی به صورت داخل صفاقی تزریق شد. تروگزروتین از شرکت سیگما آمریکا تهیه و خریداری شد. دوز دارو و زمان تزریق آن براساس مطالعات گذشته انتخاب گردید (۱۴، ۲۰).

نحوه ایجاد ایسکمی

در این تحقیق، ایسکمی مغزی ایجاد شده از نوع فوکال و به روش بستن دائمی^۲ شریان مغزی میانی^۳ سمت راست از طریق القاء بی‌هوشی با داروی کتامین، زایلازین و جراحی کرانیوتومی حیوان و براساس پروتکل مربوطه انجام شد. شریان میانی مغزی با اعمال جراحی میکروسکوپی و باز کردن جمجمه مسدود و ایسکمی مغزی در موش ایجاد گردید. به طور کلی، در این روش بعد از برداشتن قسمتی از جمجمه حد فاصل گوش و چشم راست؛ شریان میانی مغزی به وسیله دستگاه کوتر سوزانده و مسدود می‌گردد. در این روش، شاخه پروگزیمال شریان میانی مغز که بخش مهمی از کورتکس مغز و استریاتوم را تغذیه می‌کند از محل جدا شدن از حلقه ویلیس و یا شاخه دیستال مسدود می‌گردد (۲۱).

تعیین حجم انفارکتوس و ادم مغزی

حجم انفارکتوس ۴۸ ساعت بعد از القاء سکنه مغزی اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۴۸ ساعت بعد از القاء ایسکمی حیوانات ابتدا با اثر بی‌هوش و توسط گیوتین سر از بدن جدا گردید. مغز خارج شد و توسط برین ماتریکس^۴ به شش بخش یک میلی‌متری کرونال برش داده شد. برای رنگ‌آمیزی برش‌های مغزی، ابتدا آنها را درون محلول یک درصد تترازولیوم کلراید (TTC) قرار داده و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه گردید. تترازولیوم کلراید با آنزیم‌های دهیدروناز داخل سلول‌های زنده واکنش نشان داده و به رنگ قرمز درمی‌آید. سلول‌های زنده به

رنگ قرمز و نورون‌های مرده بدون تغییر رنگ (به دلیل نبودن دهیدرونازها) و به رنگ سفید دیده می‌شوند. برش‌ها به مدت ۲۴ ساعت در فرمالین ۱۰٪ فیکس و توسط یک اسکنر دیجیتال تصویربرداری شدند. سپس با یک نرم‌افزار پردازش‌گر تصویر (Image J) اندازه سطوح ناحیه انفارکتوس و ناحیه سالم در برش اندازه‌گیری شد. حجم انفارکت و میزان ادم مغزی در هر حیوان توسط دو فرمول زیر اندازه‌گیری شد. اندازه‌ها برحسب درصد بیان شدند (۲۲).

حجم انفارکتوس (درصد) = سطح انفارکتوس / اندازه گیری شده × ۱۰۰ - ۱ (سطح نیمکره آسیب دیده - سطح نیمکره مقابل) / سطح نیمکره مقابل

ادم مغزی (درصد) = (حجم نیمکره چپ - حجم نیمکره راست) / حجم نیمکره راست
مقادیر بدست آمده در فرمول‌های فوق در عدد ۱۰۰ ضرب شدند تا بصورت درصد نشان داده شوند.

ارزیابی نورولوژیکی (تست‌های رفتاری)

در مطالعه حاضر، تمام آزمایش‌های رفتاری بین ساعت ۱۰ صبح تا ۲ بعد از ظهر انجام شد و حیوانات چند ساعت قبل از گرفتن تست‌های رفتاری به محل آزمایشگاه انتقال داده شدند تا به فضای آزمایشگاه عادت نموده و در شرایط محیطی آرام و بدون سر و صدا تست‌ها گرفته شدند.

آزمون برچسب کف دست

جهت بررسی عملکرد حسی-حرکتی، از آزمون رفتاری برچسب کاغذی کف دست استفاده شد. جهت انجام این آزمون، تکه‌های برچسب کاغذی بریده شده در اندازه ۵×۵ میلی‌متری به کار برده شد. برای این منظور، طی سه روز قبل از القای سکنه مغزی، حیوانات آموزش داده شدند تا برچسب کاغذی چسبانده شده به کف دست چپ (سمت مقابل نیمکره ایسکمیک) را لمس و سپس جدا نمایند. مدت زمانی که طول کشید تا حیوان برچسب را لمس و سپس جدا نماید، به عنوان میزان فعالیت حسی حرکتی در نظر گرفته شد که هرچه این مدت زمان بیشتر باشد، اختلال حسی حرکتی بیشتر است. نمره آزمون یک بار ۱۰ دقیقه قبل از القاء ایسکمی و نیز طی دو نوبت بعد از آن (۲۴ و ۴۸ ساعت بعد) ثبت شد (۲۳).

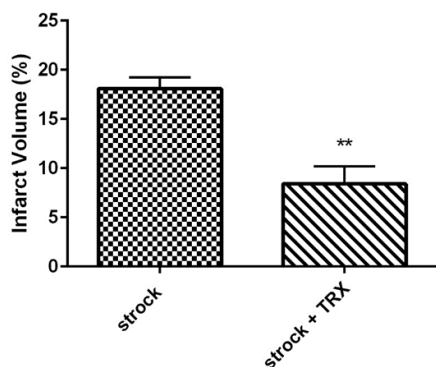
¹ Sham

² Permanent

³ Middle Cerebral Artery

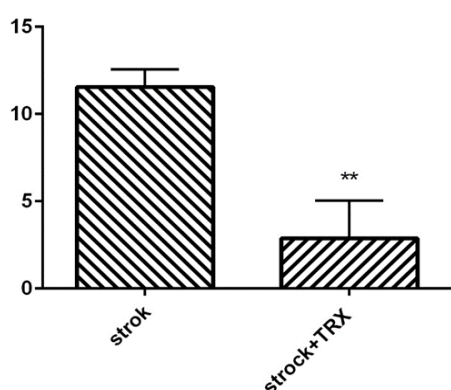
⁴ Brain matrix

آزمون کمی آویزان شدن از سیم مفتولی به منظور بررسی عملکرد تعادلی و توان عضلانی (قدرت گرفتن دست، تعادل و استقامت) از تست کمی آویزان شدن از سیم مفتولی استفاده شد. در این تست، حیوانات از طریق دو دست بر روی یک سیم فولادی نازک (۱ میلی‌متر) که بین دو نقطه و به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر از سطح زمین کشیده شده‌است، برای مدت زمان حداکثر دو دقیقه آویزان شدند. مدت زمان توانایی حیوان برای معلق ماندن بر روی سیم مفتولی به عنوان نمره آزمون در نظر گرفته شد، که هر چه کمتر باشد نشانه اختلال بیشتر است. این آزمون برای هر حیوان طی سه نوبت (۱۰ دقیقه قبل از القاء ایسکمی و ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از آن) انجام شد (۲۰).



نمودار ۱. اثر تروگزروتین بر حجم انفارکت در موش‌های سوری نر. داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار هستند. مصرف تروگزروتین دوز ۳۰۰ mg/kg حجم انفارکت را بطور معنی‌داری در حیوانات مورد مطالعه کاهش داد. ($p < 0.01$). از آنجا که در گروه شم ایسکمی مغزی ایجاد نشده، حجم انفارکت صفر می‌باشد و در نمودار نشان داده نشده‌است.

اثر تروگزروتین بر ادم مغزی در موش‌های مورد مطالعه در نمودار ۲ آمده‌است که مطابق با آن ادم مغزی در گروه سکنه مغزی دریافت‌کننده داروی تروگزروتین ($2/186 \pm 2/887$) و در گروه سکنه مغزی ($2/186 \pm 11/55$) بود. این نتایج نشان داد که درمان با داروی تروگزروتین توانست ادم مغزی را بطور معنی‌داری به میزان ۷۵٪ کاهش دهد ($p < 0.05$).



نمودار ۲. اثر تروگزروتین بر ادم مغزی در موش‌های سوری نر. داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار هستند. مصرف تروگزروتین با دوز ۳۰۰ mg/kg ادم مغزی را بطور معنی‌داری در حیوانات مورد مطالعه کاهش داد. ($p < 0.05$). در گروه شم، ایسکمی مغزی ایجاد نشده، ادم مغزی صفر می‌باشد و در نمودار نشان داده نشده‌است.

آزمون خستگی مرکزی با سیستم نمره‌دهی میزان آرامش

جهت اندازه‌گیری خستگی مرکزی تا ۵ دقیقه حیوان را تحت کنترل و نظارت داشته و به آنها نمره داده شد: نمرات از شماره ۱ تا ۵، شامل نرمال بودن سطح هوشیاری هر حیوان عدد ۱، خفیف‌تر بودن سطح هوشیاری از حالت نرمال عدد ۲، افتادن پلک‌ها بر روی هم و کندشدن حرکات حیوان عدد ۳، چرت‌زدن حیوان عدد ۴ و تکان نخوردن حیوان عدد ۵ (۲۴) بود.

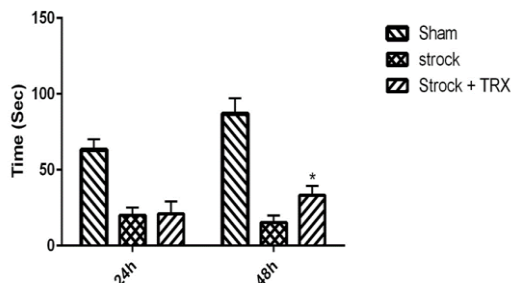
تجزیه و تحلیل آماری

در مطالعه حاضر از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ برای آنالیز داده‌ها استفاده شد. برای آنالیز داده‌های مربوط به حجم اینفارکت و ادم مغزی از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه‌های بین گروهی از آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. تست‌های رفتاری برچسب کف دست، میزان خستگی مرکزی و زمان آویزان ماندن روی سیم مفتولی توسط آزمون آنالیز واریانس دو طرفه برای مقایسه‌های بین گروهی از آزمون تعقیبی توکی آنالیز شد. تفاوت‌های با $p < 0.05$ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

نتایج

اثر تروگزروتین بر حجم انفارکتوس مغزی در موش‌های مورد مطالعه در نمودار ۱ آمده‌است. حجم انفارکتوس مغزی در گروه دریافت‌کننده تروگزروتین کاهش معنی‌داری داشت که در گروه ایسکمی مغزی برابر با ($2/189 \pm 18/07$) و در گروه ایسکمی مغزی دریافت‌کننده داروی تروگزروتین برابر با

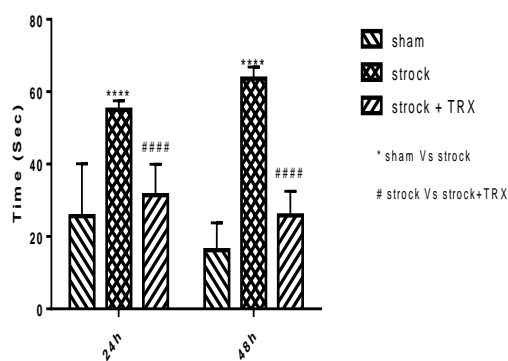
اثر تروگزروتین بر عملکرد تعادلی و توان عضلانی از طریق تست کمی آویزان شدن از سیم مقتولی در زمان ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از القاء ایسکمی مغزی در نمودار ۴ نشان داده شده است که در آن مدت زمان توانایی حیوان برای معلق ماندن بر روی سیم مقتولی در زمان ۲۴ در گروه ایسکمی مغزی ($1/50 \pm 20$) و در گروه ایسکمی مغزی دریافت کننده داروی تروگزروتین ($2/294 \pm 21/08$) بود که در مقایسه با گروه ایسکمی مغزی ۵/۴٪ افزایش داشت؛ اما این افزایش معنی دار نبود و در زمان ساعت ۴۸ مدت زمان توانایی حیوان برای معلق ماندن بر روی سیم مقتولی در گروه ایسکمی مغزی ($1/362 \pm 15/27$) و در گروه ایسکمی مغزی دریافت کننده داروی تروگزروتین ($1/777 \pm 33/33$) بود که مطابق با آن مصرف داروی تروگزروتین توانست مدت زمانی که حیوانات بر روی سیم مقتولی معلق می ماندند را ۴۸ ساعت بعد از القای ایسکمی مغزی در مقایسه با گروه ایسکمی مغزی بطور معنی داری به میزان ۱۱۸/۲۷٪ افزایش دهد ($p < 0/05$) و در مقایسه با گروه شم، گروه ایسکمی مغزی و گروه ایسکمی مغزی دریافت کننده داروی تروگزروتین هر دو کاهش معنی داری داشتند ($p < 0/0001$).



نمودار ۴. اثر تروگزروتین بر عملکرد تعادلی و توان عضلانی از طریق تست کمی آویزان شدن از سیم مقتولی در زمان ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از القاء سکتة مغزی در موش های سوری نر. داده ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار هستند. مصرف تروگزروتین با دوز ۳۰۰ mg/kg مدت زمان توانایی حیوان برای معلق ماندن بر روی سیم مقتولی در حیوانات مورد مطالعه در زمان ۴۸ را بطور معنی داری افزایش داد ($p < 0/05$)؛ اما افزایش مدت زمان توانایی حیوان برای معلق ماندن بر روی سیم مقتولی در گروه ایسکمی مغزی دریافت کننده داروی تروگزروتین نسبت به گروه ایسکمی مغزی در زمان ۲۴ تفاوت معنی داری نداشت.

اثر تروگزروتین بر خستگی مرکزی با سیستم نمره دهی میزان آرامش حیوان در زمان ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از القاء ایسکمی مغزی (نمودار ۵) نشان داده شده است که در آن

اثر تروگزروتین بر عملکرد حسی-حرکتی، از طریق آزمون رفتاری برچسب کاغذی کف دست در زمان ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از القاء سکتة مغزی (نمودار ۳) نشان داده است که در زمان ۲۴ مدت زمانی که حیوانات برچسب کاغذی را از کف دست جدا می کردند در گروه ایسکمی مغزی دریافت کننده داروی تروگزروتین ($2/523 \pm 55$) بود که مطابق با آن مصرف داروی تروگزروتین توانست مدت زمانی که حیوانات برچسب کاغذی را از کف دست جدا می کردند را بطور معنی داری به میزان ۴۲/۸۷٪ کاهش دهد ($p < 0/0001$) و در زمان ۴۸ مدت زمانی که حیوانات برچسب کاغذی را از کف دست جدا می کردند در گروه ایسکمی مغزی دریافت کننده داروی تروگزروتین ($3/169 \pm 63/64$) و در گروه ایسکمی مغزی ($1/93 \pm 25/83$) ثانیه بود که مطابق با آن مصرف داروی تروگزروتین توانست مدت زمانی که حیوانات برچسب کاغذی را از کف دست جدا می کردند را بطور معنی داری به میزان ۵۹/۴۱٪ کاهش دهد. ($p < 0/0001$) و در مقایسه با گروه شم، افزایش زمان در گروه سکتة مغزی اختلاف معنی داری داشت ($p < 0/0001$) اما افزایش زمان در گروه ایسکمی مغزی دریافت کننده تروگزروتین نسبت به گروه شم معنی دار نبود.



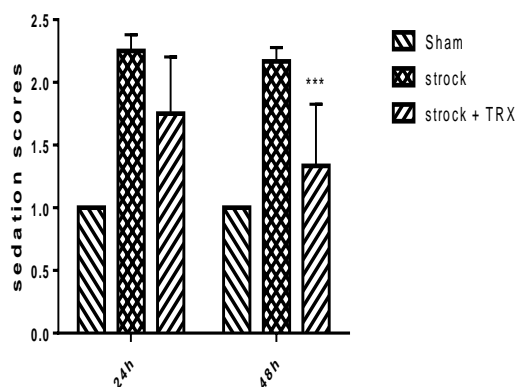
نمودار ۳. اثر تروگزروتین بر عملکرد حسی-حرکتی از طریق آزمون رفتاری برچسب کاغذی کف دست در زمان ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از القاء سکتة مغزی در موش های سوری نر. داده ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار هستند. مصرف تروگزروتین با دوز ۳۰۰ mg/kg مدت زمانی که حیوانات برچسب کاغذی را از کف دست جدا می کردند در حیوانات مورد مطالعه در زمان های ۲۴ و ۴۸ بطور معنی داری کاهش داد ($p < 0/0001$).

مطالعات نشان می‌دهند ترکیبات متعددی با خواص آنتی اکسیدانی از جمله پلی فنول‌ها که در برخی منابع غذایی یافت می‌شوند، قادر هستند تولید آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را در سلول‌های مغزی افزایش دهند (۲۵، ۲۶).

تاکنون اثرات مثبت تعداد زیادی از گیاهان دارویی در جهت تعدیل اثرات زیان بار ایسکمی-خون‌رسانی مجدد نشان داده شده‌است. در مطالعات مختلف مشاهده شده که گیاهان دارویی و برخی ترکیبات فعال آنها موجب کاهش حجم ضایعه مغزی، ادم مغزی، آسیب نورونی شده و می‌توانند میزان اختلالات حسی-حرکتی و نورولوژیک متعاقب ایسکمی را به حداقل برسانند. مکانیسم‌های پیشنهاد شده برای اثرات حفاظتی گیاهان دارویی شامل کاهش استرس اکسیداتیو، ممانعت از قطعه قطعه شدن و آسیب اکسیداتیو DNA، کاهش فعالیت میکروگلیاها و آستروسیت‌ها، کاهش پراکسیداسیون لیپیدها، افزایش بیان ژن-های میتوکندریایی، کاهش ایکوزانوییدها شامل لوکوترین، پروستاگلاندین‌ها و ترومبوکسان، مهار بیان پروتئین‌های آپتوتیک، افزایش بیان پروتئین‌های ضد آپتوتوز و کاهش بیان واسطه‌های التهابی می‌باشد.

LU و همکاران اثرات محافظت‌کننده ترورگروتین را بر روی اختلالات شناختی ناشی از هیپرکلسترولمی بررسی کردند. نتایج مطالعه این محققین نشان داد که ترورگروتین باعث کاهش استرس اکسیداتیو و آپتوتوز در سلول‌های هیپوکامپ موش‌ها می‌شود (۱۵). گروهی از محققان در سال ۲۰۱۷ اثر محافظت‌کننده ترورگروتین بر استرس اکسیداتیو و سطوح MMP9 در موش صحرایی نر را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که ترورگروتین با دوز ۳۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به میزان قابل توجهی باعث افزایش فعالیت سوپراکسیددسمتاز شد (۲۷). ببری و همکاران اثرات حفاظتی ترورگروتین را بر روی مدل بیماری آلزایمر بررسی کردند. این محققین نشان دادند که ترورگروتین با دوز ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باعث بهبود حافظه و یادگیری در موش‌های درمان شده با بتا آمیلوئید می‌شود (۲۰). Elangovan و همکاران اثرات محافظت‌کننده ترورگروتین را در استرس اکسیداتیو ناشی از نیکل نشان دادند. این محققین نشان دادند که ترورگروتین می‌تواند سطح آنتی اکسیدان‌هایی مانند ویتامین C، ویتامین E، سوپر اکسید دسمتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز شود را افزایش دهد (۲۸). Fan و همکاران اثرات آنتی اکسیدانی ترورگروتین را در مدل پیری القاء شده با دی‌گالاکتوز بررسی کردند. نتایج این

میانگین نمره خستگی مرکزی در زمان ۲۴ در گروه ایسکمی مغزی ۲/۲۵ و در گروه ایسکمی مغزی دریافت‌کننده داروی ترورگروتین (۰/۱۳۱±۱/۷۵۰) بود که در مقایسه با گروه ایسکمی مغزی ۲۲/۲۲٪ کاهش داشت؛ اما این کاهش معنی‌دار نبود و میانگین نمره خستگی مرکزی در زمان ۴۸ در گروه ایسکمی مغزی ۲۱/۱۶۷ و در گروه ایسکمی مغزی دریافت‌کننده داروی ترورگروتین (۰/۱۴۲±۱/۳۳۳) بود که مطابق با آن مصرف داروی ترورگروتین در گروه ایسکمی مغزی در مقایسه با گروه ایسکمی مغزی نمره خستگی مرکزی را به طور معنی‌داری به میزان ۳۸/۴۸٪ کاهش داد. ($p < 0.0001$) میانگین نمره خستگی مرکزی در زمان ۲۴ و ۴۸ در دو گروه ایسکمی مغزی و ایسکمی مغزی دریافت‌کننده داروی ترورگروتین نسبت به گروه شام، افزایش معنی‌داری داشت.



نمودار ۵. اثر ترورگروتین بر خستگی مرکزی با سیستم نمره‌دهی میزان آرامش حیوان در زمان ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از القاء ایسکمی مغزی در موش‌های سوری نر. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار هستند. مصرف ترورگروتین با دوز ۳۰۰ mg/kg نمره خستگی مرکزی را به طور معنی‌داری در زمان ۴۸ کاهش داد ($p < 0.0001$)؛ اما کاهش خستگی مرکزی در زمان ۲۴ در گروه ایسکمی مغزی دریافت‌کننده ترورگروتین معنی‌دار نبود.

بحث

به دنبال ایسکمی مغزی و یا قطع جریان خون به قسمتی از مغز غلظت اکسیژن و مواد متابولیکی به سرعت در نواحی ایسکمیک مغز کاهش پیدا می‌کند که سبب اختلال در عملکرد میتوکندری‌ها و تولید رادیکال‌های آزاد و دنبال آن تولید استرس اکسیداتیو می‌گردد. یکی از راه‌حل‌ها برای کاهش استرس اکسیداتیو، استفاده از آنتی اکسیدان‌ها جهت کاهش رادیکال‌های آزاد می‌باشد (۱۷).

بومادران^۳ بر پیامد ناشی از سکنه مغزی در موش‌های صحرایی ماده اوارکتومی شده پرداختند که نتایج حاصل از آن، کاهش حجم سکنه مغزی، کاهش اختلالات حسی و حرکتی و نورولوژیک بود (۱۰).

نتیجه‌گیری

از یافته‌های مطالعه حاضر نتیجه‌گیری می‌شود که درمان با ترورگروتین دارای اثرات مفیدی (از جمله کاهش حجم ضایعه و ادم مغزی) بر روی عوارض و اختلالات ناشی از ایسکمی مغزی می‌باشد. نتایج مطالعه پیشنهاد می‌کند با توجه به اثر محافظت کننده عصبی مشاهده شده از ترورگروتین، این آنتی اکسیدان به همراه فعال کننده پلاسمینوژن بافتی نوترکیب (t-TPA) که تنها داروی مورد تأیید FDA (برای درمان ایسکمی مغزی) است، بصورت ترکیبی و در خارج از زمان طلایی t-TPA استفاده شود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل پایان نامه خانم محدثه محمدی دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی و طرح شماره ۹۶۰۶۹، دارای کد اخلاق از دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان به شماره IR.RUMS.REC.1396.86 است که بدینوسیله از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان تقدیر و تشکر می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان این مطالعه هیچ‌گونه تعارض منافی نداشتند.

مطالعه نشان داد که ترورگروتین می‌تواند باعث افزایش گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز در موش‌های پیر شود (۱۷).

مطالعه Zhang و همکاران اثر محافظتی عصاره غنی از فلاونوئید رزتاکی^۱ بر روی رت‌های نر نژاد اسپراگ-دالی مبتلا به ایسکمی مغزی را مورد بررسی قرار داده که موجب افزایش بقاء رت‌ها، کاهش قطعه قطعه شدن DNA، کاهش بیان مولکول‌های آپوپتوزیس، افزایش بیان پروتئین‌های ضد آپوپتوز، کاهش بیان واسطه‌های التهابی شد (۲۹).

نتایج به دست‌آمده از این مطالعه نشان می‌دهد که تجویز ترورگروتین به عنوان یک بیوفلاونوئید گیاهی بعد از وقوع ایسکمی مغزی باعث کاهش حجم سکنه و ادم مغزی می‌شود. همچنین در این مطالعه اثر ترورگروتین بر عملکرد حسی و حرکتی از طریق آزمون رفتاری برچسب کاغذی کف دست بررسی شد که مطابق با آن مصرف داروی ترورگروتین توانست مدت زمانی که حیوانات برچسب کاغذی را از کف دست جدا می‌کردند نسبت به گروه کنترل بطور معنی‌داری کاهش دهد. در این مطالعه اثر ترورگروتین بر عملکرد تعادلی و توان عضلانی از طریق تست کمی آویزان شدن از سیم مفتولی نیز بررسی شد که مطابق با آن مصرف داروی ترورگروتین توانست مدت زمانی که حیوانات بر روی سیم مفتولی معلق می‌ماندند را نسبت به گروه کنترل افزایش دهد که تنها در ۴۸ ساعت پس از ایسکمی این افزایش معنی‌دار بود.

همسو با نتایج پژوهش حاضر، محققان در سال ۲۰۰۴ به بررسی اثر ترکیب اپی گالو کاتچین گالات از چای سبز بر روی موش‌های نر نژاد اسپراگ-دالی مبتلا به ایسکمی مغزی پرداختند که نتایج حاصل از آن کاهش حجم ضایعه مغزی، کاهش نمره نقایص نورولوژیک، کاهش مالون دی آلدئید و گلوتاتیون اکسیدشده بود (۷). Wang و همکاران اثرات محافظت‌کننده عصبی اسانس اسطوخودوس بر روی رت‌های نر نژاد ویستار مبتلا به ایسکمی مغزی را بررسی کردند که نتایج آن، کاهش نمره نقایص نورولوژیک، حجم ضایعه مغزی و استرس اکسیداتیو بود (۸). علی‌محمدی و همکاران به بررسی عصاره گیاه پنج انگشت^۲ بر روی موش‌های سوری اوارکتومی شده مبتلا به سکنه مغزی پرداختند که نتایج حاصل از آن، کاهش حجم سکنه مغزی، اختلالات نورولوژیک و اختلالات حسی و رفتاری بود (۹). ایمانی و همکاران به بررسی اثر عصاره

¹ Rosaceae

² Vitesx agnus castus

³ Achillea millefolium

References

- Hankey GJ, Warlow CP. Treatment and secondary prevention of stroke: evidence, costs, and effects on individuals and populations. *Lancet*. 1999;354(9188):1457-63.
- Shimazawa M, Chikamatsu S, Morimoto N, Mishima S, Nagai H, Hara H. Neuroprotection by Brazilian green propolis against in vitro and in vivo ischemic neuronal damage. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*. 2005;2(2):201-7.
- Doyle KP, Simon RP, Stenzel Poore MP. Mechanisms of ischemic brain damage. *Neuropharmacology*. 2008;55(3):310-8.
- Segura T, Calleja S, Jordan J. Recommendations and treatment strategies for the management of acute ischemic stroke. *Expert Opinion on Pharmacotherapy*. 2008;9(7):1071-85.
- Dai J, Mumper RJ. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*. 2010;15(10):7313-52.
- Elango C, Jayachandaran KS, Niranjali Devaraj S. Hawthorn extract reduces infarct volume and improves neurological score by reducing oxidative stress in rat brain following middle cerebral artery occlusion. *International Journal of Developmental Neuroscience*. 2009;27(8):799-803.
- Choi YB, Kim YI, Lee KS, Kim BS, Kim DJ. Protective effect of epigallocatechin gallate on brain damage after transient middle cerebral artery occlusion in rats. *Brain Research*. 2004;1019 (1-2):47-54.
- Wang D, Yuan X, Liu T, Liu L, Hu Y, Wang Z, et al. Neuroprotective activity of lavender oil on transient focal cerebral ischemia in mice. *Molecules*. 2012;17(8):9803-17.
- Alimohamadi R, Naderi S, Imani E, Shamsizadeh A, Mobini M, Rezazadeh H, et al. The effects of the ethanolic extract of vitex agnus castus on stroke outcomes in ovariectomized mice. *Journal of Babol University of Medical Sciences*. 2015;17(3):20-7. (in Persian)
- Imani E, Esmaili A, Alimohammadi R, Ehsani V, Shmasizadeh A, Mobini M, et al. Effects of *Achillea millefolium* on the Consequences of Stroke in Ovariectomized Rats. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences*. 2015;22(6):1725-36. (in Persian)
- Rodríguez M, Estrela J, Ortega Á. Natural polyphenols and apoptosis induction in cancer therapy. *Journal of Carcinogenesis and Mutagenesis*. 2013;6.
- Lonni AA, Longhini R, Lopes GC, de Mello JC, Scarminio IS. Statistical mixture design selective extraction of compounds with antioxidant activity and total polyphenol content from *Trichilia catigua*. *Analytica Chimica Acta*. 2012;719:57-60.
- Geetha R, Radika MK, Priyadarshini E, Bhavani K, Anuradha CV. Troxerutin reverses fibrotic changes in the myocardium of high-fat high-fructose diet-fed mice. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 2015;407(1-2):263-79.
- Lu J, Wu DM, Zheng YL, Hu B, Cheng W, Zhang ZF, et al. Troxerutin counteracts domoic acid-induced memory deficits in mice by inhibiting CCAAT/enhancer binding protein beta-mediated inflammatory response and oxidative stress. *Journal of Immunology*. 2013;190 (7):3466-79.
- Lu J, Wu DM, Zheng ZH, Zheng YL, Hu B, Zhang ZF. Troxerutin protects against high cholesterol-induced cognitive deficits in mice. *Brain*. 2011;134(3):783-97.
- Zhang ZF, Zhang Yq, Fan SH, Zhuang J, Zheng YL, Lu J, et al. Troxerutin protects against 2, 2', 4, 4'-tetrabromodiphenyl ether (BDE-47)-induced liver inflammation by attenuating oxidative stress-mediated NAD⁺-depletion. *Journal of Hazardous Materials*. 2015;283:98-109.
- Fan SH, Zhang ZF, Zheng YL, Lu J, Wu DM, Shan Q, et al. Troxerutin protects the mouse kidney from d-galactose-caused injury through anti-inflammation and anti-oxidation. *International Immunopharmacology*. 2009;9(1):91-6.
- Lu J, Wu DM, Hu B, Cheng W, Zheng YL, Zhang ZF, et al. Chronic administration of troxerutin protects mouse brain against D-galactose-induced impairment of cholinergic system. *Neurobiology of Learning and Memory*. 2010;93(2):157-64.
- Rahmani MR, Shamsizadeh A, Moghadam-Ahmadi A, Kaeidi A, Allahtavakoli M. Monoacylglycerol lipase inhibitor, JZL-184, confers neuroprotection in the mice middle cerebral artery occlusion model of stroke. *Life Sciences*. 2018;198:143-8. (in Persian)
- Babri S, Amani M, Mohaddes G, Alihemmati A, Ebrahimi H. Protective effects of troxerutin on β -amyloid (1-42)-induced impairments of spatial learning and memory in rats. *Neurophysiology*. 2012;44(5):387-93. (in Persian)
- Allahtavakoli M, Amin F, Esmaeeli Nadimi A, Shamsizadeh A, Kazemi Arababadi M, Kennedy D. Ascorbic acid reduces the adverse effects of delayed administration of tissue plasminogen activator in a rat stroke mode. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*. 2015;117(5):335-9. (in Persian)
- Xing B, Chen H, Zhang M, Zhao D, Jiang R, Liu X, et al. Ischemic postconditioning inhibits

- apoptosis after focal cerebral ischemia/reperfusion injury in the rat. *Stroke*. 2008;39(8):2362-9.
23. Sims NR, Muyderman H. Mitochondria, oxidative metabolism and cell death in stroke. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2010;1802(1):80-91.
24. Lee VC, Moscicki JC, DiFazio CA. Propofol sedation produces dose-dependent suppression of lidocaine-induced seizures in rats. *Anesthesia and Analgesia*. 1998;86(3):652-7.
25. Tulsulkar J, Shah ZA. Ginkgo biloba prevents transient global ischemia-induced delayed hippocampal neuronal death through antioxidant and anti-inflammatory mechanism. *Neurochemistry International*. 2013;62(2):189-97.
26. Warner DS, Sheng H, Batinić Haberle I. Oxidants, antioxidants and the ischemic brain. *Journal of Experimental Biology*. 2004;207(18):3221-31.
27. Zamanian M, Hajizadeh MR, Esmaeili Nadimi A, Shamsizadeh A, Allahtavakoli M. Antifatigue effects of troxerutin on exercise endurance capacity, oxidative stress and matrix metalloproteinase-9 levels in trained male rats. *Fundamental and Clinical Pharmacology*. 2017;31(4):447-55. (in Persian)
28. Elangovan P, Pari L. Ameliorating effects of troxerutin on nickel-induced oxidative stress in rats. *Redox Report*. 2013;18(6):224-32.
29. Zhang S, Qi Y, Xu Y, Han X, Peng J, Liu K, et al. Protective effect of flavonoid-rich extract from *Rosa laevigata* Michx on cerebral ischemia-reperfusion injury through suppression of apoptosis and inflammation. *Neurochem International*. 2013;63(5):522.

Effect of Troxerutin on permanent cerebral ischemia in male mice

Received: 16 May 2020

Accepted: 23 Jun 2020

Mohadeseh Mohammadi¹, Ali Shamsizadeh², Mohammadreza Rahmani², Ayat Kayedi², Jalal Hasanshahi², Gholamreza Bazmandegan², Elham Hakimizadeh², Amir Moghadam Ahmadi², Mohammad Allahtavakoli^{2*}

1. Student Research Center, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran 2. Physiology-Pharmacology Research Center, Research Institute of Basic Medical Sciences, Department of Physiology and Pharmacology, School of Medicine, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran

Abstract

Introduction: Stroke is a neurological disease and one of the leading causes of death all over the world. It is also an important cause of disability in people over age over 65. It may be possible to reduce the incidence of cerebral ischemia using antioxidants, followed by inhibition of oxidative and inflammatory mechanisms. Troxerutin is a natural bioflavonoid with antioxidant and anti-inflammatory properties. However, its neuroprotective effects have not yet been studied. The present study aimed to investigate the effect of troxerutin on ischemic brain damage in male mice.

Materials and Methods: In this experimental study, 39 male mice (30-25 grams) were used. The animals were divided into three groups: 1. Sham group 2. Ischemic brain group 3. The ischemic brain group, receiving troxerutin drug. Cerebral ischemia was induced in the second and third groups of mice. Five hours later, group 3 received 300 mg/kg troxerutin intraperitoneal injection. After 24 and 48 hours, the effect of troxerutin on sensory and motor neurological disorders, cerebral edema, and infarct volume was investigated. Analysis of variance test was performed by SPSS software (21) using one-way and two-way.

Results: The results indicated that troxerutin reduced stroke volume ($p=0.05$) and cerebral edema ($p=0.05$) compared with the control group. Troxerutin also improved sensory-motor function ($p<0.0001$) and balance function and muscle strength ($p<0.05$)

Conclusion: Treatment with troxerutin can have beneficial effects on complications and disorders caused by cerebral ischemia.

Keywords: Cerebral ischemia, Troxerutin, Antioxidant

***Corresponding Author:** Professor of Physiology, Physiology-Pharmacology Research Center, Research Institute of Basic Medical Sciences, Department of Physiology and Pharmacology, School of Medicine, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran

Email: m_alahavakoli@rums.ac.ir

Tel: +983431315083

Fax: +983431315003