ORIGINAL ARTICLE

Molecular Study of the Effect of Progesterone on Optic Chiasm in Male Rat Following Ethidium Bromide-Induced Demyelination

Shiva Khezri[1],
Sepideh Samadi[2],
Fatemeh Rahmani[3],
Sepideh Tarbali[2]

[1] Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran
[2] MSc in Animal Physiology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran
[3] Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran

(Received June 8, 2015 Accepted December 6, 2015)

Abstract

Background and purpose: Optic neuritis is one of the appearances of Multiple Sclerosis (MS). Progesterone has a protective effect in central nervous system, so, in this study we aimed at investigating the effect of progesterone on myelin repair of the optic chiasm in male rats by studying the genes expression of *Olig 2* (marker of oligodendrocyte precursor cells), *GFAP* (marker of astrocyte) and *NogoA* (axon growth inhibitor) following ethidium bromide-induced demyelination.

Materials and methods: An experimental study was performed in which gonadectomy was conducted to remove endogenous sex hormones. Demyelination was induced by injection of 1 microliter of ethidium bromide during stereotactic surgery in the optic chiasm of rats. Then, the animals received 1mM progesterone (ICV) for 3 and 21 days. On days 3 and 21 the *Olig 2, GFAP* and *Nogo* genes expression were evaluated by RT-PCR molecular study.

Results: RT-PCR analysis indicated that ethidium bromide injection increased expressions of *Olig2, GFAP* and *Nogo-A* genes especially on day 21 post demyelination induction. Progesterone treatment decreased *Olig2* and *GFAP* genes expression ($P<0.001$) and *Nogo-A* gene expression ($P<0.01$) compared to the ethidium bromide group on day 21 post lesion.

Conclusion: Our data demonstrated that progesterone can cause myelin repair and axon growth by decreasing the expression of inhibitory genes such as Nogo-A and GFAP and enhancing differentiation of oligodendrocyte precursor cells to oligodendrocyte. Therefore, progesterone may exert neuroprotection effect on various neurological disorders including MS.

Keywords: ethidium bromide, demyelination, myelin repair, progesterone, optic chiasm

J Mazandaran Univ Med Sci 2016; 26(133): 206-217 (Persian).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و پنجم شماره ۱۳۳ بهمن سال ۱۳۹۴ (۲۱۷-۲۰۶)

بررسی مولکولی اثر پروژسترون بر کیاسمای بینایی موش صحرایی نر پس از القای دمیلیناسیون با اتیدیوم بروماید

شیوا خضری[۱]
سپیده صمدی[۲]
فاطمه رحمانی[۳]
سپیده تربالی[۲]

چکیده

سابقه و هدف: درگیری عصب بینایی از جمله تظاهرات بیماری مالتیپل اسکلروزیس (MS) می‌باشد. با توجه به اثر محافظتی پروژسترون در سیستم عصبی مرکزی، بر آن شدیم تا اثر پروژسترون را بر روند ترمیم میلین ناحیه کیاسمای بینایی موش‌های صحرایی نر با بررسی بیان ژن های *Olig 2* (مارکر سلول‌های پیش ساز اولیگودندروسیتی)،*GFAP* (مارکر آستروسیتی) و Nogo- A (مهارکننده رشد آکسون) به دنبال القای دمیلیناسیون با تزریق موضعی اتیدیوم بروماید بررسی نماییم.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی، به منظور حذف هورمون‌های جنسی درون‌زاد، جراحی گنادوکتومی بر روی موش‌ها انجام گرفت. برای القای دمیلیناسیون، ۱ میکرولیتر اتیدیوم بروماید طی جراحی استریوتاکسی در ناحیه کیاسمای بینایی موش صحرایی تزریق شد. حیوانات تحت درمان، بعد از القای دمیلیناسیون با اتیدیوم بروماید، به مدت ۳ و ۲۱ روز، 1mM پروژسترون داخل بطن مغزی دریافت کردند. در روزهای ۳ و ۲۱، سطح بیان ژن‌های *Olig 2GFAP* و Nogo- A به روش مولکولی RT-PCR ارزیابی شد.

یافته‌ها: آنالیز RT-PCR نشان دادکه تزریق اتیدیوم بروماید موجب افزایش بیان ژن‌های *Olig2*، *GFAP* و Nogo- A به خصوص در روز ۲۱ بعد از القای دمیلیناسیون شد. تیمار با پروژسترون باعث کاهش معنی‌دار بیان ژن *Olig2* و *GFAP* ($p <$ ۰/۰۰۱) و *Nogo* ($p <$ ۰/۰۱) نسبت به گروه اتیدیوم بروماید در روز ۲۱ شد.

استنتاج: نتایج ما نشان داد که پروژسترون می‌تواند با کاهش بیان ژن‌های مهاری *Nogo* و *GFAP* و افزایش تمایز سلول‌های پیش‌ساز اولیگودندروسیتی به اولیگودندروسیت‌ها، باعث ترمیم میلین و رشد آکسون شود و می‌تواند حفاظت عصبی را در عارضه‌های نورولوژیکی مثل MS اعمال کند.

واژه های کلیدی: اتیدیوم بروماید، دمیلیناسیون، ترمیم میلین، پروژسترون، کیاسمای بینایی

مقدمه

مالتیپل اسکلروزیس (Multiple Sclerosis (MS)) یکی از شایع‌ترین بیماری‌های عصبی در انسان است که با فراوانی قابل توجهی در اوایل بزرگسالی بروز می‌کند (در زنان دو تا سه برابر مردان). مهم‌ترین علائم این بیماری عبارتند از: فلج، فقدان حس، خستگی، نقایص شناختی و اختلالات بینایی. در این بیماری دمیلینه‌کننده

مولف مسئول: شیوا خضری–ارومیه: گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه E-mail: sh.khezri@urmia.ac.ir
۱. استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی جانوری، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳. دانشیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۴/۳/۱۸ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۴/۳/۱۸ تاریخ تصویب : ۱۳۹/۹/۱۵

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

و التهابی مزمن، به علت فعالیت سیستم ایمنی، التهاب بافتی و مرگ سلول بیماری‌های عصبی ایجاد می‌گردد. مشکلات بینایی در بیش‌تر بیماران از نشانه‌های اولیه بیماری است. دوبینی، تاری دید و درد حرکات چشم از مشکلات چشمی شایع این بیماری بوده که ممکن است بعد از دوره عود بیماری برطرف شود(۳-۱). دستگاه عصبی مرکزی (CNS) بالغ، از چندین نوع سلول تشکیل شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به نورون‌ها، الیگودندروسیت‌ها، آستروسیت‌ها و میکروگلیاها اشاره کرد. یکی از عوارض بیماری MS، دمیلیناسیون است که پس از آن مقداری رمیلیناسیون خود به خودی نیز دیده می‌شود. یکی از علل ناکافی بودن این رمیلیناسیون، اثر ممانعتی زخم آستروسیتی ایجاد شده در محل آسیب است. به عنوان یک شاخص، آستروسیت‌های اطراف محل زخم، پروتئین (Glial Fibrillary Acidic Protein-GFAP) را به مقدار زیاد بیان می‌کنند(۴). رده‌های سلولی اولیه مشتق شده از سلول‌های بنیادی که از شاخصه‌های آن بیان پروتئین (Oligodendrocyte transcription factor 2-Olig2) می‌باشد، تمایل زیادی برای تبدیل شدن به الیگودندروسیت و تا حدی به آستروسیت را دارند(۵). یکی از مهم‌ترین مهارکننده‌های میلینی در بیماری MS، Nogo-A است. چندین استراتژی درمانی برای ترمیم ضایعات آکسونی، Nogo-A را هدف قرار داده‌اند و سعی در مهار اثر متقابل Nogo و گیرنده اش داشته‌اند(۶). تا به حال استراتژی‌هایی که جلوی دمیلیناسیون را می‌گرفتند، به عنوان عمده‌ترین راه درمان MS مورد توجه بودند. این در حالی است که روش‌هایی که رمیلینه شدن را پیش می‌برند و از دست دادن اکسون را به حداقل می رسانند، نیز ابزار درمانی مهم می‌باشند. پروژسترون به گروه نورواستروئیدها تعلق دارد و می‌تواند توسط CNS ساخته شود و به عنوان پیش‌ساز سایر نورواستروئیدها قرار گیرد. نقش پروژسترون شامل عملکردهای سیناپسی، محافظت نورونی و اثر بر میلین‌سازی است. اثر پروژسترون در مدل تجربی بیماری MS یا EAE1 (Experimental Autoimmune Encephalomyelitis) در نخاع بررسی شده است. نتایج نشان داده که پروژسترون شدت بیماری را تضعیف کرده و میزان پاسخ التهابی را کاهش می‌دهد و می‌تواند دمیلینه شدن در نخاع را تقلیل دهد(۷).

با توجه به گزارشات موجود از اثرات حفاظت نورونی پروژسترون و تفاوت فاحش در میزان ابتلای مردان و زنان به بیماری MS، در این مطالعه سعی شده است اثر پروژسترون بر روند ترمیم میلین ناحیه کیاسمای بینایی موش‌های صحرایی نر بالغ با ارزیابی میزان بیان ژن‌های Olig 2 (مارکر سلول‌های پیش‌ساز اولیگودندروسیتی)، GFAP (مارکر آستروسیتی) و Nogo A (مهار کننده رشد آکسون) به دنبال القای دمیلیناسیون با تزریق موضعی اتیدیوم بروماید (Ethidium Bromide -EB) بررسی گردد.

مواد و روش ها

در این تحقیق تجربی، از موش‌های نر نژاد ویستار در محدوده وزنی ۲۵۰-۲۰۰گرم (خریداری شده از دانشگاه علوم پزشکی ارومیه) استفاده شد. آب و رژیم غذایی استاندارد، بدون محدودیت در اختیار حیوانات قرار گرفت. حیوان خانه‌ای با نور ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی، رطوبت نسبی ۲۰ تا ۳۰ درصد با دمای بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد. به منظور سازش با محیط، تمامی آزمایش‌ها پس از استقرار حیوانات در قفس به انجام رسید و بعد از انجام جراحی‌ها، موش‌ها در قفس‌های انفرادی نگه داری شدند. در این مطالعه کلیه موازین اخلاقی کار با حیوانات آزمایشگاهی طبق قوانین مصوب کمیته اخلاق در پژوهش‌های پزشکی و مطابق معاهده هلسینکی رعایت شد. این تحقیق به جهت این‌که روی حیوانات نر انجام شده است، لازم بود ابتدا منشاء اصلی هورمون‌های جنسی درون‌زاد برای جلوگیری از هرگونه تداخل عمل

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

با پروژسترون برداشته می‌شد. بنابراین در همه حیوانات، ابتداء بیضه‌ها یا غدد تناسلی به عنوان اصلی‌ترین منشاء هورومون‌های جنسی، حذف شدند. البته زمان کافی برای دوره نقاهت و نیز بر طرف شدن اثرات قبلی هورمون‌های جنسی رعایت گردید.

حیوانات با تزریق داخل صفاقی کتامین (Ketamine) (۷۰mg/kg) و زایلازین (Xylazine) (۱۰mg/kg) که در محلول ۰/۹ درصد رقیق شده بودند، بیهوش شدند. حیوان پس از حصول بیهوشی کامل، به روی سطح صفحه فلزی دستگاه الکتروکوتر متصل به دستگاه آن قرار گرفته و پاهای عقبی با استفاده از چسب بر روی صفحه فوق ثابت شد. پوشش بیضه یا اسکروتوم با محلول بتادین ضد عفونی شد. برای ایجاد جریان فرکانسی جهت جراحی، دستگاه الکتروکوتر با یک پنبه خیس شده با آب مقطر که در زیر دم حیوان قرار می‌گرفت، به مدار الکتروکوتر اتصال فیزیکی یافت. اسکروتوم در حد فاصل بین دو بیضه توسط چاقوی رادیوفرکانسی دستگاه کوتر در امتداد خط طولی به اندازه ۱ سانتی‌متر بریده شده و بافت زیرین آن توسط پنس و با کشیده شدن جدا شد. بیضه‌ها به نوبت و با دقت توسط چاقوی کوتر بریده شده و از بدن حیوان جدا گردیدند. برای جلوگیری از خون‌ریزی در این‌حالت سیستم انعقادی دستگاه الکتروکوتر مورد استفاده قرار گرفت. فضای مورد جراحی با پنبه آغشته به بتادین ضد عفونی شده و بخش خارجی با نخ بخیه استریل بخیه زده شد. دوباره بخش خارجی محل جراحی ضد عفونی گردیده و ۲ میلی‌گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن حیوان، آنتی‌بیوتیک جنتاماکس (Gentamax) به منظور جلوگیری از بروز عفونت به صورت عضلانی به حیوان تزریق شده و تزریق آن به مدت هفت روز تکرار شد. حیوانات جراحی شده به طور انفرادی به قفس کوچک انتقال یافته و برای بهبودی، ۲ هفته دوره نقاهت آن‌ها سپری شد.

جراحی استریوتاکسی

حیوانات با تزریق داخل صفاقی کتامین (۷۰mg/kg) و زایلازین (۱۰mg/kg) رقیق شده در محلول ۰/۹ درصد، بیهوش شدند. دمیلیناسیون با تزریق محلول ۱ درصد اتیدیوم بروماید(۸) در محلول استریل سالین ۰/۹ درصد با حجم ۱ میکرولیتر در کیاسمای بینایی القا شد. موش‌ها با موقعیت سر کاملا صاف، در دستگاه استریوتاکس (Japan, Narishigo) قرار گرفته و تزریق EB با کمک سرنگ همیلتون با سرعت نیم میکرولیتر در دقیقه در کیاسمای بینایی انجام گرفت. موقعیت کیاسمای بینایی حدود ۰/۱۲ میلی‌متر پشت برگما و ۸/۸۸ میلی متر جلوتر از محور اینتراورال، موقعیت جانبی صفر و عمق ۹ میلی‌متر نسبت به سطح دورا در نظر گرفته شد. به منظور اطمینان از فراهم نمودن زمان لازم برای انتشار داروها، سوزن قبل از خروج، به مدت ۵ دقیقه در محل نگه‌داشته شد. با توجه به مختصات استریوتاکسیک پاکسینوس و واتسون موقعیت استقرار کانول‌های راهنمای تزریق به بطن‌های جانبی ۰/۷۲ میلی‌متر پشت برگما و موقعیت ۱/۸ میلی‌متر از خط میانی به راست و چپ و عمق ۱/۴ از سطح دورا در نظر گرفته شدند(۹) و ۱ mM پروژسترون به مدت ۳ و ۲۱ روز از طریق کانول‌های راهنما به بطن‌های جانبی تزریق شد. ۳ و ۲۱ روز بعد از القای دمیلیناسیون با اتیدیوم بروماید، حیوانات کشته شده و کیاسمای بینایی آن‌ها برای آنالیز ژن‌های مورد نظر خارج شد. حیوانات به طور تصادفی در گروه‌های زیر قرار گرفتند (n=۶).

۱- گروه sham که تحت عمل جراحی استریوتاکسی قرار گرفتند، ولی هیچ تیماری دریافت نکردند.

۲- گروه کنترل سالین که پس از جراحی استریوتاکسی و قرار دادن کانول راهنما در ناحیه بطن‌های جانبی، در ۲ زیرگروه ۳ و ۲۱ روزه، ۱ میکرولیتر سالین ۰/۹ درصد (حلال EB) در کیاسمای بینایی تزریق شد.

۳- گروه کنترل روغن زیتون که پس از جراحی استریوتاکسی و قراردادن کانول راهنما در ناحیه بطن‌های

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

جانبی، در ۲ زیرگروه ۳ و ۲۱ روزه،۱ میکرولیتر روغن زیتون (حلال پروژسترون) در بطن‌های جانبی تزریق شد.

۴- گروه بیمار EB که پس از جراحی استریوتاکسی و قراردادن کانول راهنما در ناحیه بطن‌های جانبی، به منظور القای دمیلیناسیون،۱ میکرولیتر EB (از محلول ۰/۰۱ درصد اتیدیوم بروماید در سالین ۰/۹ درصد) در ناحیه کیاسمای بینایی دریافت کردند. این گروه شامل ۲ زیرگروه EB ۳ و ۲۱ روزه بودند، به‌طوری‌که در روزهای ۳ و ۲۱ پس از تزریق EB، بررسی شدند.

۵-گروه تحت درمان با پروژسترون که پس از جراحی استریوتاکسی و قرار دادن کانول راهنما در ناحیه بطن‌های جانبی و تزریق EB در کیاسمای بینایی، در ۲ زیرگروه به مدت ۳ و ۲۱ روز، ۱ میکرولیتر پروژسترون در هر کانول دریافت نمودند.

بررسی‌های مولکولی با روش RT-PCR

نمونه‌ها بعد از خارج شدن از فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد، در هاون‌های استریل و با کمک ازت مایع پودر شده و بعد از انجام کدگذاری، درون میکروتیوب‌ها ریخته شد. به ازای ۲۰۰ میکرولیتر کلروفرم، ۱۰۰۰ میکرولیتر تریزول بر روی نمونه ریخته شد. سپس به مدت ۳ دقیقه به آرامی تکان داده و سانتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه با دور rpm ۱۰۰۰۰ انجام گرفت. در مرحله بعد لایه بالایی به آرامی جدا شده و به میکروتیوب‌های جدید انتقال یافت و مقدار ۵۰۰ میکرولیتر ایزوپروپیل الکل به آن اضافه شد. سپس به آرامی تکان داده و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد با دور rpm ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ شد. در مرحله بعد به آرامی ۱۰۰۰ میکرولیتر از محلول برداشته و دور ریخته شد. سپس ۱۰۰۰ میکرولیتر اتانول به توده RNA موجود اضافه شده، به مدت چند ثانیه ورتکس کرده و پس از ۵ دقیقه سانتریفیوژ با دور rpm ۷۵۰۰ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، لایه بالایی را به آرامی درو ریخته و اجازه داده شد توده RNA به آرامی در دمای اتاق خشک شود. در مرحله آخر RNAase free را اضافه کرده و به مدت ۱۰ دقیقه در ۶۰ دمای درجه سانتی گراد انکوبه شد. اندازه‌گیری مقدار غلظت RNA با اسپکتوفتومتر انجام گرفت.

تهیه cDNA

کیت مخصوص سنتز cDNA از شرکت Thermo scientific خریداری شده و آماده کردن نمونه طبق دستورالعمل ارائه شده انجام گرفت. ابتدا مخلوط RNA و پرایمر با آب دیونیزه، به حجم ۱۲ میکرولیتر رسید و در میکروتیوب‌های ۲۰۰ میکرولیتری ریخته شد. به مدت ۵ دقیقه در ۶۵ درجه سانتی‌گراد انکوبه شده و سپس به مدت دو دقیقه روی یخ قرار داده شد، در این فاصله زمانی cDNA سنتتاز آماده شد. بدین ترتیب که ۴ میکرولیتر 5x reaction buffer، ۱ میکرولیتر RibolockRnase inhibitor، ۲ میکرولیتر dNTP ۱۰ مولار و ۱ میکرولیتر RevertAID M-MuLV RT با هم میکس شده و بر روی مخلوط RNA و پرایمر ریخته شد و مخلوط حاصل به ترتیب ۵ دقیقه در ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۱ ساعت در ۴۲ درجه سانتی‌گراد و در نهایت ۵ دقیقه در ۷۰ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. محصول واکنش حاصله می‌تواند به طور مستقیم به عنوان نمونه جهت واکنش PCR استفاده شود.

واکنش PCR

واکنش PCR جهت بررسی بیان ژن‌های *Nogo-A, GFAP, Olig2GAPDH* انجام گرفت. پرایمرهای مربوط به این ژن‌ها، طراحی شده و با توالی‌های ذکر شده از شرکت GENE ray خریداری شد. ترتیب توالی‌ها در جدول شماره ۱ شرح داده شده است.

برای انجام واکنش PCR، از ۱۲/۵ میکرولیتر مسترمیکس که شامل dNTP، $Mgcl_2$، PCR buffer و Taq polymerase بود، استفاده گردید. ۰/۵ میکرولیتر از هر یک از جفت پرایمرها با ۱ میکرولیتر cDNA

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

ترکیب شده و با آب به حجم ۲۵ میکرولیتر رسانده شد. برای انجام واکنش، ابتدا نمونه‌ها به صورت گرادیانت گذاشته شد، تا بهترین دما برای واکنش نمونه‌ها با ۴ جفت پرایمر به دست آید.

جدول شماره ۱: توالی پرایمرهای ژن های *Nogo-A,GFAP, Olig2GAPDH* در واکنش PCR

ژن	Primer	Primers sequence
Olig2	Forward	5′- ACACCCACCACGTGTCGGCTA -3′
	Reverse	5′- CTGCGTCTCTTCTAAGCCCAGA -3′
GFAP	Forward	5′- CTCGTGTGGATCTGGAGAGGAA -3′
	Reverse	5′- GCCCTCCAGCAATTTCCTGTAG -3′
Nogo-A	Forward	5′-AAACACCCACATCAACACTGCA -3′
	Reverse	5′- GTCTCTGCTTTGGAACCTCAGA -3′
GAPDH	Forward	5′- AGAACATCCCTGCATCC - 3′
	Reverse	5′- AGCCGTATTCATTGTCATACC - 3′

برای انجام PCR، سیکل‌های دمایی به‌ترتیب ۹۴ درجه سانتی‌گراد ۳ دقیقه و ۳۵ سیکل در ۹۴ درجه سانتی‌گراد ۳۰ ثانیه، ۶۱ درجه سانتی‌گراد ۳۰ ثانیه و ۷۲ درجه سانتی‌گراد ۳۰ ثانیه گذاشته شد و در نهایت هم ۵ دقیقه در۷۲درجه سانتی‌گراد برای بسط نهایی قرار داده شد(۱۰).

الکتروفورز

جهت انجام الکتروفورز، ابتدا ژل مورد نیاز آن تهیه گردید. برای این‌کار محلول حاصل از ۱۰۰ml بافر TBE(Tris-Boric acid-EDTA) و ۰/۸-۱/۳ گرم آگارز (بسته به نیاز و بر اساس کیفیت باندهای در حال بررسی بهینه می‌شد)، در ماکروویو جوشانده شد و بعد از اضافه کردن حدود ۳µl اتیدیوم بروماید به آن، در تشتک الکتروفورز ریخته شد. بدین منظور از ۲µl بافر ویژه (Loading Buffer)، ۲ میکرولیتر مارکر DNA (Ladder 50bp) نیز استفاده شد. بعد از سپری شدن زمان مورد نظر، دستگاه الکتروفورز خاموش شده و ژل به دستگاه عکس‌برداری از ژل منتقل و در زیر اشعه UV بررسی باندها انجام گرفت(۱۱).

روش تجزیه و تحلیل آماری

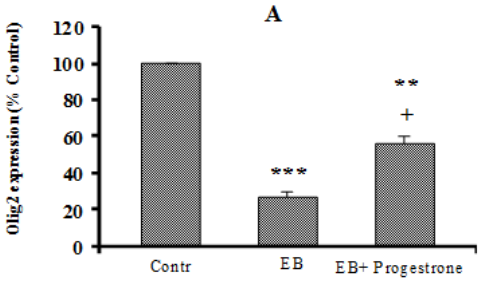
برای بررسی تغییرات سطح mRNA مربوط به ژن *Olig2*، *ANogo* و *GFAP* بین گروه‌های آزمایشی، میانگین نسبت تراکم باندهای *Olig2*، *Nogo* و *GFAP* به *GAPDH* برای هر گروه محاسبه و توسط آزمون ANOVA یک طرفه و سپس Turkey مقایسه شد. داده‌ها به صورت میانگین ± خطای معیار میانگین ارائه شده و $p<۰/۰۵$ به عنوان حداقل سطح معنی دار بودن در نظر گرفته شد.

یافته ها

به دلیل این که تفاوت معنی‌داری در میزان بیان ژن‌های مورد نظر بین گروه‌های sham، کنترل سالین (حلال EB) و کنترل روغن زیتون (حلال پروژسترون) مشاهده نشد، میانگین داده‌های آن‌ها به عنوان گروه کنترل در نتایج وارد شد.

بررسی تغییرات بیان ژن Olig2

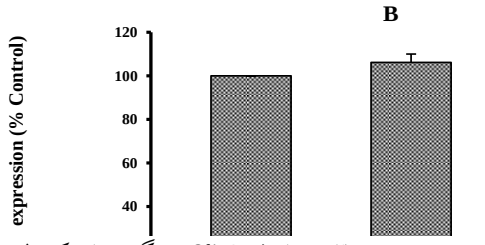
اندازه‌گیری میزان بیان ژن *Olig2* (مارکر سلول‌های پیش‌ساز الیگودندروسیتی) در کیاسمای بینایی موش‌های صحرایی نر در روز سوم بعد از القای دمیلیناسیون با اتیدیوم بروماید، کاهش معنی‌داری را در بیان این ژن نسبت به گروه کنترل نشان داد ($p <۰/۰۰۱$). هم‌چنین میزان بیان این ژن در گروه دریافت‌کننده پروژسترون نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری را نشان داد ($p <۰/۰۱$). با این وجود تزریق داخل بطنی پروژسترون به مدت ۳ روز باعث افزایش معنادار بیان ژن *Olig2* نسبت به گروه اتیدیوم بروماید شد ($p <۰/۰۵$) (نمودار شماره ۱).



نمودار شماره ۱: مقایسه بیان ژن *Olig2* بین گروه‌های کنترل، بیمار (اتیدیوم بروماید: EB) و تیمار با پروژسترون (EB+Progestrone) در روز ۳ بعد از دمیلیناسیون. داده‌ها به صورت mean ± SEM بیان شده اند. $p<۰/۰۰۱$ ***، $p<0.01$ ** در مقایسه با گروه کنترل، $p<0.05$+ در مقایسه با گروه EB در همان روز

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

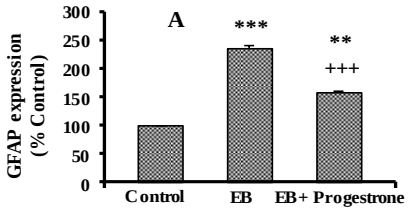
۲۱ روز بعد از القای دمیلیناسیون با EB، میزان بیان ژن *Olig2* افزایش یافت و به حد گروه کنترل رسید. تزریق ۲۱ روز پروژسترون بعد از القای دمیلیناسین، باعث کاهش معنی‌داری در بیان ژن *Olig2* نسبت به کنترل و گروه EB شد (p <۰/۰۰۱) (نمودار شماره ۲).



نمودار شماره ۲: مقایسه بیان ژن *Olig2* بین گروه‌های کنترل، بیمار (اتیدیوم بروماید: EB) و تیمار با پروژسترون (EB+Progestrone) در روز ۲۱ بعد از دمیلیناسیون، داده ها به صورت mean ± SEM بیان شده اند. ۰/۰۰۱>p*** در مقایسه با گروه کنترل، ۰/۰۰۱>p+++ در مقایسه با گروه EB در همان روز

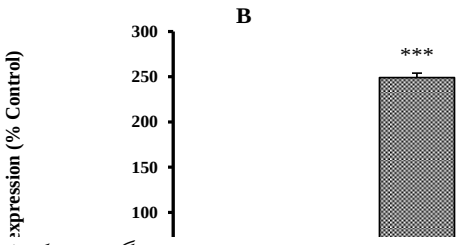
بررسی تغییرات بیان ژن GFAP

اندازه‌گیری میزان بیان ژن *GFAP* (مارکر آستروسیت‌های فعال) در کیاسمای بینایی موش‌های صحرایی نر در روز سوم نشان داد که تزریق EB باعث افزایش بیان این ژن نسبت به گروه کنترل گردید (p <۰/۰۰۱). این در حالی است که تزریق داخل بطنی پروژسترون به مدت ۳ روز، باعث کاهش معنی‌دار بیان ژن *GFAP* نسبت به گروه EB شد (p <۰/۰۰۱) (نمودار شماره ۳).



نمودار شماره ۳: مقایسه بیان ژن *GFAP* بین گروه های کنترل، بیمار (اتیدیوم بروماید: EB) و تیمار با پروژسترون (EB+Progestrone) در روز ۳ بعد از دمیلیناسیون، داده ها به صورت mean ± SEM بیان شده اند. ۰/۰۱>p ** ۰/۰۰۱>p *** در مقایسه با گروه کنترل، ۰/۰۰۱>p +++ در مقایسه با گروه EB در همان روز

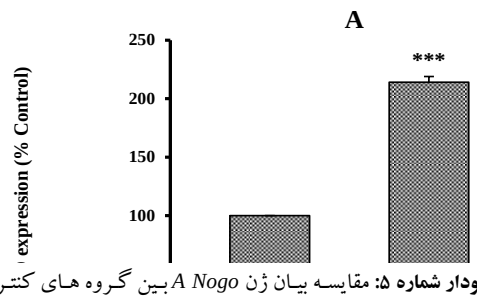
در روز ۲۱ نتایج نشان داد که تزریق EB باعث افزایش بیان این ژن نسبت به گروه کنترل گردید (p <۰/۰۰۱). تزریق ۲۱ روز پروژسترون باعث کاهش شدیدتر این ژن شد، به طوری که بیان آن هم نسبت به گروه کنترل (p <۰/۰۵). و هم نسبت به گروهی که فقط EB دریافت کرده بودند، کاهش معنی‌داری را نشان داد (p <۰/۰۰۱) (نمودار شماره ۴).



نمودار شماره ۴: مقایسه بیان ژن GFAP بین گروه های کنترل، بیمار (اتیدیوم بروماید: EB) و تیمار با پروژسترون (EB+Progestrone) در روز ۲۱ بعد از دمیلیناسیون، داده ها به صورت mean ± SEM بیان شده اند. ۰/۰۵ >p * ۰/۰۰۱>p***در مقایسه با گروه کنترل، ۰/۰۰۱>p+++ در مقایسه با گروه EB در همان روز.

بررسی تغییرات بیان ژن Nogo-A

اندازه‌گیری میزان بیان ژن *Nogo-A* (یکی از مهارکننده‌های رشد مجدد آکسونی) در کیاسمای بینایی موش‌های صحرایی نر نشان داد که تزریق EB باعث افزایش بیان این ژن نسبت به گروه کنترل می‌شود (p <۰/۰۰۱). تزریق داخل بطنی پروژسترون به مدت ۳ روز اختلاف معنی‌داری را نسبت به گروه دریافت کننده EB نشان نداد، ولی میزان بیان این ژن نسبت به گروه کنترل در همین روز تفاوت معنی‌داری داشت(p <۰/۰۰۱) (نمودار شماره ۵).

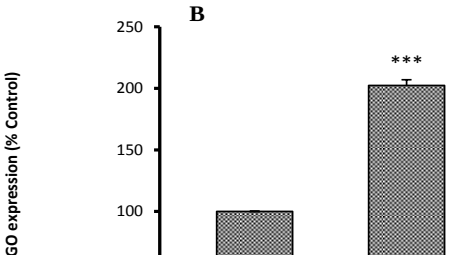


نمودار شماره ۵: مقایسه بیان ژن *Nogo A* بین گروه های کنترل، بیمار (اتیدیوم بروماید: EB) و تیمار با پروژسترون (EB+Progestrone)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

در روز ۳ بعد از دمیلیناسیون، داده ها به صورت mean ± SEM بیان شده اند. p<۰/۰۰۱ *** در مقایسه با گروه کنترل در همان روز

نتایج در روز ۲۱ نشان داد که تزریق EB باعث افزایش بیان این ژن نسبت به گروه کنترل شد (p <۰/۰۰۱). تزریق پروژسترون به مدت ۲۱ روز، باعث کاهش معنی‌داری در بیان این ژن نسبت به گروه EB شد (p <۰/۰۱) (نمودار شماره ۶).



نمودار شماره ۶: مقایسه بیان ژن *Nogo A* بین گروه های کنترل، بیمار (اتیدیوم بروماید: EB) و تیمار با پروژسترون (EB+Progestrone) در روز ۲۱ بعد از دمیلیناسیون، داده ها به صورت mean ± SEM بیان شده اند p<۰/۰۵۰ * p<۰/۰۰۱ *** در مقایسه با گروه کنترل، p<۰/۰۱++ در مقایسه با گروه EB در همان روز

بحث

در این مطالعه با توجه به اهمیت پروژسترون در حفاظت عصبی، اثر آن روی دمیلیناسیون القا شده با EB و فرآیند رمیلیناسیون، با استفاده از اندازه‌گیری بیان *Olig2* (مارکر سلول‌های پیش‌ساز الیگودندروسیتی) و *GFAP* (مارکر فعالیت‌آستروسیتی) و Nogo-A (مهارکننده رشد مجدد آکسونی) در روزهای ۳ و ۲۱ بعد از تزریق EB در کیاسمای بینایی موش صحرایی نر بررسی شد.

نتایج حاصل از بررسی مولکولی در این تحقیق نشان داد که متعاقب تزریق اتیدیوم بروماید، بیان mRNA مربوط به *Olig2* در روز ۳ به طور معنی‌داری (p <۰/۰۰۱) نسبت به گروه کنترل کاهش یافت، ولی در روز ۲۱ و با طولانی‌تر شدن اثر EB، میزان بیان آن افزایش یافت و به حد کنترل رسید. این نتایج حاکی از این هستند که دمیلیناسیون متعاقب تزریق EB باعث از بین رفتن سلول‌های میلین ساز بالغ و در نتیجه به کارگیری بیش‌تر سلول‌های OPCs برای ساخت و تمایز الیگودندروسیت‌ها شده است. بنابراین میزان بیان *Olig2* توسط سلول‌های پیش ساز الیگودندروسیتی متعاقب تزریق EB، افزایش یافته است. Dehghan و همکاران در سال ۲۰۱۲ گزارش کردند که بیان Olig2 در روزهای بعد از ضایعه افزایش یافته است که می‌تواند نشان‌دهنده مهاجرت و فعالیت شمار زیادی از سلول‌های OPCs در جایگاه‌های دمیلینه‌شده برای ساخت الیگودندروسیت‌های بالغ باشد(۱۲). هم‌چنین Fancy و همکاران نیز نشان دادند که بیان ژن Olig2 در روزهای بعد از القای دمیلیناسیون در حیوانات بیمار افزایش یافته است و اعلام کردند که این فاکتور برای توسعه دودمان الیگودندروسیتی ضروری است(۱۳). در مطالعه دیگری که توسط مظفری و همکاران در سال ۲۰۱۱ انجام شد، نشان داده شد که بیان *Olig2* در روز ۷ بعد از القای دمیلیناسیون با لیزولسیتین، بیش‌ترین میزان را به خود اختصاص داده است. آن‌ها اعلام کردند که بیان بالای آن به منظور به کارگیری بیش‌تر سلول‌های زایای الیگودندروسیتی است تا به الیگودندروسیت‌های بالغ میلین ساز متمایز شوند(۱۴). نتایج مطالعه حاضر مبنی بر افزایش میزان بیان ژن Olig2 متعاقب دمیلیناسیون ناشی از EB، با نتایج مطالعات قبلی مطابقت دارد. نتایج به دست آمده از آنالیز RT-PCR در این تحقیق، نشان داد که بیان ژن *Olig2* در گروه تحت تیمار با پروژسترون، در روز ۳، به صورت معنی‌داری (p <۰/۰۵) بالاتر از گروه EB بود. اما در روز ۲۱ ام نسبت به کنترل و EB، کاهش معنی‌داری داشت (p <۰/۰۰۱). کاهش در بیان ژن *Olig2* در گروه تیمار نسبت به گروه بیمار، ممکن است در نتیجه کاهش تعداد OPCs که این ژن را بیان میکنند و یا تنظیم پایین این فاکتور در خطوط سلولی الیگودندروسیتی باشد که نشان می‌دهد طی این روزها و در اثر تیمار با پروژسترون، سلول‌های پیش‌ساز بیش‌تری به الیگودندروسیت‌های بالغ متمایز شده‌اند و سلول‌های

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

بالغ بیش‌تری در محل ضایعه وجود دارد، در نتیجه بیان این فاکتور کاهش یافته است. بنابراین نتایج حاکی از اثر حفاظتی پروژسترون علیه عارضه دمیلینه‌کننده و نیز پیشرفت روند ترمیم میلین می‌باشد. سلول‌های OPCs، به طور وسیعی در میان ماده سفید و خاکستری CNS پراکنده هستند و می‌توانند باعث بازسازی میلین در ناحیه محدودی اطراف ضایعه شوند. مناطق تحت بطنی، به خصوص نواحی جانبی (SVZ-L) و (SVZ-3) به عنوان مناطق نوروژنیک معرفی شده‌اند(۱۵). این سلول‌ها، می‌توانند در پاسخ به اختلالات دمیلیناسیونی و هم‌چنین در فرآیند رمیلیناسیون CNS بالغ شرکت کنند. بنابراین SVZ منبعی برای آستروسیت‌ها، الیگودندروسیت‌ها و نورون‌ها می‌باشد. القای دمیلیناسیون در CNS، سلول‌های OPCs را وادار به تکثیر، مهاجرت و تمایز برای ذخیره‌سازی غلاف‌های میلینی جدید اطراف آکسون‌های دمیلینه شده می‌کند. نشان داده شده که پروژسترون می‌تواند باعث افزایش تکثیر، مهاجرت و تمایز سلول‌های زایای عصبی شود و این سلول‌های زایا به انواع تخصص یافته مثل نورون ها و سلول‌های گلیال متمایز می‌شوند(۱۶،۷). بدین ترتیب احتمالاً پروژسترون با افزایش سرعت تمایز و نوروژنز می‌تواند در رمیلیناسیون نقش تحریکی داشته باشد. GFAP، یک نوروفیلامنت واسطه‌ای است که به عنوان مارکر آستروسیت‌های فعال شناخته می‌شود(۱۷). نتایج حاصل از مطالعه مولکولی در مطالعه حاضر، نشان داد که سطح بیان *GFAP* در روزهای ۳ و ۲۱ پس از القای دمیلیناسیون با EB، در ناحیه کیاسمای بینایی، در گروه بیمار که تنها EB دریافت کرده بودند، به صورت معنی‌داری ($p <$ ۰/۰۰۱) در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت که حاکی از فعالیت آستروسیت‌ها در محل ضایعه می‌باشد. این افزایش در بیان *GFAP* نشان دهنده تشدید فعالیت آستروسیت‌ها و رهاکردن فاکتورهای التهابی از سوی آن‌ها می‌باشد که رخداد پاتولوژیکی و دمیلینه شدن بیش‌تر کیاسمای بینایی را متعاقب تزریق EB در پی داشته است.

این نتایج با مطالعات مظفری و همکاران که نشان دادند سطح بیان GFAP بعد از القای دمیلیناسیون در اپتیک کیاسما و اعصاب بینایی توسط لیزولسیتین، در روزهای ۲ و۷ بیش‌ترین میزان را دارد، مطابقت دارد. آن‌ها هم چنین اعلام کردند که فعالیت آستروسیت‌ها در محل آسیب دیده، در پاسخ به دمیلیناسیون القا شده با لیزولسیتین افزایش می‌یابد و در نتیجه افزایش در بیان *GFAP* را به دنبال دارد(۱۸).

Zaaraoui و همکاران در سال ۲۰۰۸، بیان کردند که میزان GFAP با محتوای میلین در طول روند میلین‌سازی مرتبط است. تنظیم افزایشی بیان GFAP یکی از ویژگی‌های اصلی و مهم آستروسیت هاست که معمولاً بعد از ضایعه CNS دیده می شود(۱۹).

نتایج مولکولی در این پژوهش نشان داد که بیان *GFAP* در روز ۳ بعد از تزریق EB در گروه تحت تیمار با پروژسترون، نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری داشته است ($p <$ ۰/۰۱)، ولی در روز ۲۱، سطح بیان این ژن نسبت به گروه‌های کنترل و EB کاهش داشته است. مقایسه بین گروه‌های بیمار و تیمار نشان داد، میزان بیان *GFAP* در تمام روزهای بعد از ضایعه، در گروه تحت تیمار با پروژسترون، به صورت معنی داری ($p <$ ۰/۰۰۱) نسبت به گروه EB پایین‌تر بود که حاکی از ترمیم میلین و کاهش دمیلیناسیون می‌باشد، چرا که میزان GFAP طی ضایعه ایجاد شده افزایش می‌یابد. بنابراین پروژسترون، توانسته علیه عارضه دمیلینه کننده که مرگ سلول‌های عصبی و میلین‌ساز را به دنبال دارد، اثر حفاظت عصبی داشته باشد. آستروسیت‌ها به آسیب‌های مغزی شیمیایی و تروماتیک، با تغییرات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی از جمله، گلیکولیز فعال، به صورت افزایش تعداد، پاسخ می‌دهند(۲۰).

مطالعات نشان داده‌اند که پس مانده‌های میلین در آسی‌ها، دارای پروتئین‌های میلینی نظیر Nogo، MAG و MOG بوده که همگی هم فرآیند رمیلیناسیون و هم فرآیند بازسازی آکسونی را مهار می‌کنند. این فاکتورها

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

در مجموع «فاکتورهای مهاری میلینی» نامیده می‌شوند. یکی از مهم‌ترین مهارکننده‌های میلینی، Nogo-A است. چندین استراتژی درمانی برای ترمیم ضایعات آکسونی، Nogo-A را هدف قرار داده‌اند و سعی در مهار اینترکشن Nogo و گیرنده اش داشته‌اند(۶).

NgR[1] گیرنده اختصاصی Nogo در سال ۲۰۰۱ شناسایی گردید و ساختار کامل آن در سال ۲۰۰۳ مشخص شد. NgR یک گیرنده مشترک برای مهارکننده‌های میلینی (MAG, NOGO, OMgp) است و با فعال کردن مسیر سیگنالینگ Rho A، باعث مهار رشد نوریت و کلاپس مخروط رشد می‌شود(۲۲،۲۱). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که سطح بیان Nogo- A در روز ۳ و ۲۱ بعد از تزریق EB، در گروه بیمار به‌طور معنی‌داری ($p <$ ۰/۰۰۱) نسبت به گروه کنترل افزایش یافت که نشان‌دهنده مهار بیش‌تر رمیلیناسیون و رشد آکسونی است. بررسی‌های RT-PCR، هم چنین نشان داد تیمار با پروژسترون به مدت طولانی‌تر از ۲۱ روز، توانسته میزان بیان این ژن مهاری را کاهش دهد.

خضری و همکاران در سال ۲۰۱۳ نشان دادند که مهار سیگنالینگ ژن NgR توسط siRNA می‌تواند باعث کاهش علایم بالینی مدل EAE (مدل آزمایشگاهی بیماری MS در موش) شود(۲۳).

Wang و همکارانش بیان NgR را در سلول‌های بنیادی کاهش دادند و این سلول‌ها را به بافت نخاع آسیب دیده منتقل کردند و مشاهده نمودند که عملکرد نورولوژیکی رت‌ها بهبودی چشمگیری می‌یابد(۲۴). پس پروژسترون با کاهش ژن Nogo-A می‌تواند اثرات مهاری آن را از روی ترمیم عصبی برداشته و رشد آکسون را تسریع دهد. گزارش‌های متعدد دیگری هم نشان می‌دهد که پروژسترون به عنوان یک عامل محافظتی برای نورون‌ها در آسیب ترومایی عمل کرده و می‌تواند میزان تخریب نورونی را کم تر نماید(۲۵). در موش‌های آزمایشگاهی اسپراگ داولی نشان دادند که پیش تیمار و درمان حیوانات آسیب دیده در نخاع، با پروژسترون به‌راحتی می‌تواند علایم مربوط به فلجی نسبی حرکتی در حیوانات را کاهش داده و به‌طور معنی‌داری اثرات محافظتی در بروز آسیب ترومایی نخاع نشان دهد(۲۶). به طور کلی نتایج ما نشان داد که پروژسترون می تواند با کاهش بیان ژن مهاری Nogo-A و *GFAP* و افزایش تمایز سلول‌های پیش ساز اولیگودندروسیتی به اولیگودندروسیت‌های بالغ، باعث ترمیم میلین و رشد آکسون شود و می‌تواند حفاظت عصبی را در عارضه‌های نورولوژیکی مختلف مثل MS اعمال کند.

سپاسگزاری

این مطالعه با استفاده از حمایت مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ارومیه در قالب طرح تحقیقاتی با کد ۹۲/ع/۰۰۸ انجام گردیده است که بدین‌وسیله نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از مسؤولین آن مرکز ابراز می‌دارند.

References

1. Annapurna A, Kumar VK, Rao PMM, Rao KS, Rajasekhar J. Multiple Sclerosis: the disease and its treatment. Indian J Pharmacol 2002; 34: 3-15.
2. Frohman EM, Racke MK, Raine CS. Multiple Sclerosis-The Plaque and Its Pathogenesis. N Engl J Med 2006; 354(9): 942-955.
3. Shivane AG, Chakrabarty A. Multiple sclerosis and demyelination. Curr Diagn Pathol 2007; 13(3): 193-202.
4. Sofroniew MV. Reactive astrocytes in neural repair and protection. Neuroscientist 2005; 11(5): 400-407.

1. Nogo Receptor

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

5. Copray S, Balasubramaniyan V, Levenga J, De Bruijn J, Liem R, Boddekf E. Olig2 overexpression induces the in Vitro differentiation of neural stem cells into mature oligodendrocytes. Stem Cells 2006; 24(4): 1001-1010.
6. Fontoura P, Steinman L. Nogo in multiple sclerosis: growing roles of a growth inhibitor. J Neurol Sci 2006; 245(1-2): 201-210.
7. Garay L, Deniselle MC, Lima A, Roig P, De Nicola AF.Effects of progesterone in the spinal cord of a mouse model of multiple sclerosis. J Steroid Biochem Mol Biol 2007; 107(3-5): 228-237.
8. Riet-Correa, Fernandes CG, Pereira LAV, Graça DL. Ethidium bromide-induced demyelination of the sciatic nerve of adult Wistar rats. Braz J Med Biol Res 2002; 35(1): 99-104.
9. Paxinos G, Watson C. The Rat Brain in Stereotaxic Coordinates. 6thed. New York USA: Academic Press; 2007.
10. Ausubel FM, Brent R, Kingston RE, Moore DD, Seidman JG, Smith JA, et al. Short Protocols in Molecular Biology. 4th ed. New York: Wiley; 1999.
11. Sharp PA, Sugden B, Sambrook J. Detection of two restriction endonuclease activities in Haemophilusparainfluenzae using analytical agarose-ethidium bromide electrophoresis. Biochemistry 1973; 12(16): 3055-3063.
12. Dehghan S, Javan M, Pourabdolhossein F, Mirnajafi-Zadeh J, Baharvand H. Basic fibroblast growth factor potentiates myelin repair following induction of experimental demyelination in adult mouse optic chiasm and nerves. J Mol Neurosci 2012; 48(1): 77-85.
13. Fancy S P, Zhao C, Franklin RJ. Increased expression of Nkx2. 2 and Olig2 identifies reactive oligodendrocyte progenitor cells responding to demyelination in the adult CNS. Mol and Cell Neurosci 2004; 27(3): 247-254.
14. Mozafari S, Javan M, Sherafat MA, Mirnajafi-Zadeh J, Heibatollahi M, Pour-Beiranvand S, et al. Analysis of structural and molecular events associated with adult rat optic chiasm and nerves demyelination and remyelination: possible role for 3rd ventricle proliferating cells. Neuromolecular Med 2011; 13(2): 138-150.
15. McTigue DM, Tripathi RB. The life, death, and replacement of oligodendrocytes in the adult CNS. J Neurochem 2008; 107(1): 1–19.
16. Ghoumari AM, Baulieu EE, Schumacher M. Progesterone increases oligodendroglial cell proliferation in rat cerebellar slice cultures. Neuroscience. 2005; 135(1): 47-58
17. Sherafat MA, Javan M, Mozafari S, Mirnajafi-Zadeh J, Motamedi F. Castration attenuates myelin repair following lysolecithin induced demyelination in Rat Optic Chiasm: An Evaluation using visual evoked potential, marker genes expression and myelin staining. Neurochem Res 2011; 36(10): 1887-1895.
18. Mozafari S, Sherafat MA, Javan M, Mirnajafi-Zadeh J, Tiraihi T. Visual evoked potentials and MBP gene expression imply endogenous myelin repair in adult rat optic nerve and chiasm following local lysolecithin induced demyelination. Brain Res 2010; 1351: 50-56.
19. Zaaraoui W, Deloire M, Merle M, Girard C, Raffard G, Biran M, et al. Monitoring demyelination and remyelination by magnetization transfer imaging in the mouse brain. MAGMA 2008; 21(5): 357-362.
20. Aschner M. Astrocytic functions and physiological reactions to injury: the potential to induce and/or exacerbate

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

neuronal dysfunction-a forum position paper. Neurotoxicoly 1998; 19(1): 7-17.

21. Lee D, Strittmatter S, Sah D. Targeting the Nogo receptor to treat central nervous system injuries. Nat Rev Drug Discov 2003; 2(11): 872-878.
22. He Z, Koprivica V. The Nogo signaling pathway for regeneration block. Annu Rev Neurosci 2004; 27: 341-368.
23. Khezri Sh, Javan M, Goudarzvand M, Semnanian S, Baharvand H. Dibutyryl Cyclic AMP inhibits the progression of experimental autoimmune encephalomyelitis and potentiates recruitment of endogenous neural stem cells. J Mol Neurosci 2013; 51(2): 298-306.
24. Wang F, Zhu Y. The interaction of Nogo-66 receptor with Nogo-P4 inhibits the neuronal differentiation of neural stem cells. Neuroscience 2008; 151(1): 74–81.
25. Sayeed I, Stein DG. Progesterone as a neuroprotective factor in traumatic and ischemic brain injury. Prog Brain Res 2009; 175: 219-237.
26. Thomas AJ, Nockels RP, Pan HQ, Shaffrey CI, Chopp M. Progesterone is neuroprotective after acute experimental spinal cord trauma in rats. Spine (Phila Pa 1976) 1999; 24(20): 2134-2138.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]