

مقاله پژوهشی

اثرات ماندگار استرس محرومیت از مادر و مواجهه با مرفین در دوره نوجوانی بر رفتارهای شبه اضطرابی و حافظه کاری در موش‌های صحرایی نر و ماده

فاطمه خانی^۱، ارشاد محمودی^۲، مطهره زینی‌وند^۲، سید ارشاد ندایی^{۳*}

۱. مرکز تحقیقات اختلالات خواب، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

۲. گروه فیزیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

پذیرش: ۱۷ دی ۱۴۰۲

دریافت: ۷ آذر ۱۴۰۲

چکیده

زمینه و هدف: تجربه جدایی از مادر می‌تواند باعث ایجاد تغییرات پایدار در ساختار مغز شود. از طرف دیگر مواجهه با مواد افیونی در نوجوانی می‌تواند توانایی‌های شناختی را متاثر کند. در این مطالعه به ارزیابی اثرات استرس محرومیت از مادر و مواجهه با مرفین در نوجوانی بر رفتارهای شبه اضطرابی و حافظه کاری در موش‌های صحرایی بزرگسال پرداخته شد.

روش‌ها: موش‌های صحرایی نر و ماده نژاد ویستار شامل گروه‌های کنترل، تحت استرس محرومیت از مادر، دریافت‌کننده مرفین نوجوانی، و گروه مرفین + استرس استفاده شد. در گروه استرس، زاده‌ها به مدت ۱۴ روز، روزانه ۳ ساعت از مادرشان جدا شدند. گروه مرفین به مدت ۱۰ روز (۴۰-۳۱ روزگی) دوزهای افزایشی مرفین از دوز ۲/۵ تا ۲۵ میلی‌گرم به کیلوگرم دریافت کردند. آزمون میدان باز، ماز بعلاوه مرتفع، و ماز Y بترتیب برای بررسی فعالیت حرکتی، رفتارهای شبه اضطرابی و حافظه کاری حیوانات استفاده شد.

یافته‌ها: فعالیت حرکتی گروه مرفین با کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت. گروه مرفین در هر دو جنس، مدت زمان بیشتری را در مرکز میدان باز در مقایسه با گروه کنترل سپری کرده و اثرات رفتاری پایدار شبه اضطرابی تا دوره بزرگسالی داشت. حافظه کاری در هر دو گروه مرفین و گروه مرفین + استرس در هر دو جنس در مقایسه با گروه کنترل دچار اختلال شد.

نتیجه‌گیری: استرس محرومیت از مادر و سوء مصرف مواد در دوران نوجوانی اثرات ماندگاری بر بروز رفتارهای شبه اضطرابی دارد. بلوغ سیستم عصبی می‌تواند تحت تأثیر این عوامل محیطی سوء در دوران تکاملی قرار گیرد و متحمل تغییرات رفتاری پایدار و اختلالات شناختی گردد.

واژه‌های کلیدی: استرس محرومیت از مادر؛ حافظه کاری؛ رفتار شبه اضطرابی؛ مرفین؛ نوجوانی

مقدمه

استرس اجتماعی شامل انواع مختلف رویدادهای مهم زندگی اعم از استرس جدایی از مادر، دوره‌های کوتاه درگیری‌های اجتماعی در نوجوانی و بزرگسالی، استرس‌های مزمن ادامه‌دار، که هر کدام مشخصه‌های رفتاری و فیزیولوژیکی خاص خود را دارند می‌شود. جدایی از مادر می‌تواند تغییرات بلندمدت مولکولی و سلولی در عملکرد مغز به وجود آورد. گزارش شده است از بین بردن تعاملات عادی بین مادر و فرزندان تغییراتی در نورویبولوژی، فیزیولوژی و رفتارهای عاطفی حیوانات بزرگسال به وجود می‌آورد. جدایی از مادر موجب ایجاد نقص‌های شناختی

در طول دوره بزرگسالی می‌شود.

نوجوانی دوره حساس تکاملی، در گذر از کودکی به بزرگسالی است. در این دوره پلاستیسیته نوروئی دینامیک و گسترده‌ای در سیستم عصبی مرکزی اتفاق می‌افتد. این تغییرات با هدف ایجاد استقلال فردی و افزایش ظرفیت شناختی است [۱]. در دوره نوجوانی فعالیت بالای سیستم لیمبیک به صورت کامل توسط مکانیسم‌های قشری بالاتر کنترل نمی‌شود. این مسیرهای رشد متفاوت در بلوغ نواحی مختلف مغز ممکن است منجر به افزایش رفتارهای خطرآفرین در نوجوانان و مشارکت آن‌ها در رفتارهای

استرس محرومیت از مادر

روز تولد نوزادان روز صفر در نظر گرفته شد. از روز اول بعد تولد، مادران از قفس‌ها به مدت ۳ ساعت برداشته شدند؛ این کار تا روز ۱۴ بعد از تولد ادامه داشت. بعد از آن زاده‌ها به صورت معمول از روز ۱۵ تا ۲۱ همراه مادرانشان بزرگ شدند. در روز ۲۱ یا ۲۲ زاده‌ها از شیر گرفته شده و به همراه دیگر زاده‌ها در قفس‌هایشان نگهداری شدند تا روزی که آزمایش‌های لازم روی آن‌ها انجام شود [۳].

تزریق دارو در دوره نوجوانی

برای بررسی اثرات مصرف مرفین در دوره نوجوانی به حیوانات ۳۰ روزه بر اساس پروتکل زیر به مدت ده روز، روزانه دو مرتبه دوز افزایشی مرفین تزریق شد. در روز اول، حیوانات مرفین سولفات با دوز ۲/۵ میلی گرم به کیلوگرم به صورت زیر جلدی دریافت کردند. هر روز دوز مرفین به میزان ۲/۵ میلی گرم به کیلوگرم افزایش یافت به گونه‌ای که آخرین دوز مرفین ۲۵ میلی گرم به کیلوگرم بود. انتخاب این دوز مرفین بر اساس معیارهای آلومتریک، مشابه استفاده انسان بود. گروه کنترل نیز مطابق پروتکل بالا روزانه دو بار نرمال سالین به میزان ۲ میلی لیتر در کیلوگرم به مدت ۱۰ روز دریافت کردند [۴]. سپس مطالعات رفتاری که شامل اندازه‌گیری فعالیت حرکتی حیوان، رفتار شبه اضطرابی و حافظه کاری بود در دوره بزرگسالی انجام گردید. خط زمانی مربوط آزمایشات در شکل ۱ نمایش داده شده است.

آزمون‌های رفتاری

آزمون جعبه باز

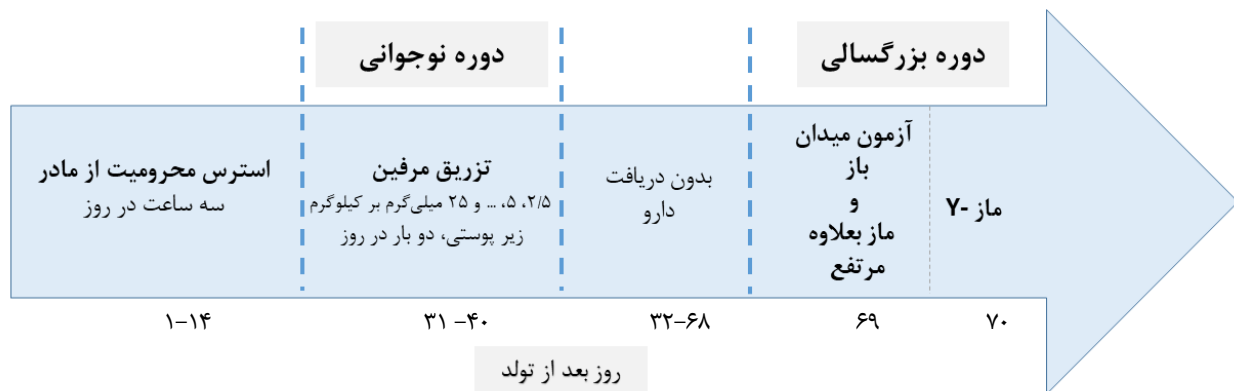
فعالیت حرکتی حیوانات توسط آزمون میدان باز مطالعه شد [۵، ۶]. این دستگاه از یک محوطه مربع شکل (۵۰ × ۵۰ سانتی متر) به ارتفاع ۳۰ سانتی متر و با خطوط مجازی ساخته شده است. کف آن به ۱۳ مربع و به دو قسمت مرکزی و پیرامونی تقسیم شد. موش صحرایی در مرکز ماز قرار داده شد و آزادانه به مدت ۵ دقیقه کاوش کرد. حرکات هر موش صحرایی به‌طور خودکار توسط یک سیستم ردیابی ویدیویی (نرم‌افزار اتوویژن، نسخه ۹) ردیابی شد. فعالیت حرکتی با اندازه‌گیری مسافت

اعتیادآور شود [۲]. به دلیل تفاوت‌های فیزیولوژیکی و رفتاری که در نوجوانان نسبت به بزرگسالان وجود دارد، احتمال شروع مصرف مواد مخدر در این دوره بیشتر می‌باشد. در نهایت، می‌توان گفت که قرارگیری در معرض داروها در دوره‌های مختلف رشد می‌تواند تغییرات ماندگاری در ساختار و عملکرد مغز ایجاد نماید. باتوجه به معضل اعتیاد موجود در جامعه و افزایش فزاینده مصرف مواد مخدر به‌خصوص در میان نوجوانان و همچنین تأثیرات بلندمدت مواجهه با استرس در دوران پس از تولد و تأثیرات آن بر فرآیندهای شناختی از جمله حافظه و یادگیری و رفتارهای شبه اضطرابی در دوران بعدی زندگی از جمله نوجوانی، آگاهی‌سازی و پیشگیری از مواجهه با اینگونه استرس‌ها از جمله استرس محرومیت از مادر می‌تواند نقش موثری در بهبود روند کیفی فرد از دوران نوزادی به بعد ایفا کند. بنابراین در این مطالعه به بررسی اثرات مصرف اوپیات‌ها با رویکرد مصرف در نوجوانی در دو جنس نر و ماده با داشتن تجربه محرومیت از مادر بر رفتارهای شبه اضطرابی و حافظه کاری پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

حیوانات آزمایشگاهی

در این مطالعه از موش‌های صحرایی نژاد ویستار به تعداد ۶۵ سر استفاده شد. حیوانات در شرایط ثابت و سیکل نوری ۱۲ ساعت تاریکی، ۱۲ ساعت روشنایی و با دسترسی آزاد به آب و غذا، در دمای 23 ± 2 درجه سانتیگراد نگهداری شدند. حیوانات نر و ماده بالغ نژاد ویستار برای جفتگیری در یک قفس قرار گرفتند. وجود پلاک واژینال یا سلول‌های اسپرم در دهانه واژن در صبح روز بعد تاییدکننده حاملگی موش‌های صحرایی ماده بود. موش‌های صحرایی باردار به صورت دو موش صحرایی در یک قفس قرار گرفتند. گروه‌بندی شامل گروه‌های کنترل، دریافت‌کننده استرس محرومیت از مادر (استرس)، دریافت‌کننده مرفین نوجوانی (مرفین) و گروه مرفین و استرس در دو جنس نر و ماده بود. مجموع موش‌های نر و ماده در هر گروه ۱۴ تا ۱۸ سر بود. همه‌ی آزمایش‌ها روی حیوانات با رعایت اصول اخلاقی کار با حیوانات آزمایشگاهی مورد تایید کمیته اخلاق در پژوهش دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه (با کد اخلاق IR.KUMS.MED.REC.1400.018) انجام پذیرفت.



شکل ۱- خط زمانی آزمایش‌های رفتاری انجام شده در دوره بزرگسالی در گروه‌های آزمایشی مواجهه یافته با استرس محرومیت از مادر و مرفین در دوره نوجوانی. در این مطالعه، برای القای استرس محرومیت از مادر، مادران از قفس‌ها به مدت ۳ ساعت در روز برداشته شدند. این کار تا روز ۱۴ بعد از تولد ادامه داشت [۳]. موش‌های صحرایی نوجوان از روز ۳۱ پس از تولد تا ۴۰ روزگی، دو بار در روز دوز افزایشی مرفین از ۲/۵ میلی گرم به کیلوگرم تا ۲۵ میلی گرم به کیلوگرم به صورت زیرجلدی دریافت کردند [۴]. آزمون‌های رفتاری میدان باز^۱، ماز بعلاوه مرتفع^۲ در روز ۶۹ و آزمون سنجش حافظه کاری با استفاده از ماز Y^۳ در روز ۷۰ بعد از تولد بر روی حیوانات انجام شدند.

به بازوی باز و زمان سپری شده در بازوی باز با رفتار شبه اضطرابی وجود دارد و بالعکس. این آزمون بعد از انجام آزمون میدان باز در روز ۶۹ پس از تولد انجام گرفت.

آزمون ماز Y

حافظه کاری فضایی حیوانات، توسط آزمون ماز Y مورد ارزیابی قرار گرفت [۷]. ستاپ به شکل یک ماز Y شکل، از جنس پی وی سی، که دارای سه بازوی عمود بر هم می‌باشد، بود، که هر یک با یکی از حروف الف، ب و پ علامتگذاری شدند. طول، پهنا و ارتفاع بازوها به ترتیب ۴۰، ۱۵ و ۳۰ سانتی متر بود. هر سه بازو، به وسیله یک صفحه سه گوش، به هم متصل شده بودند. جهت تشخیص وضعیت مکانی، از یک نشانه خارج از ماز استفاده شد. در این آزمون، موش به صورت تصادفی و بدون داشتن آشنایی قبلی با دستگاه، در انتهای یکی از بازوها، مثلاً بازوی (الف)، پشت به مرکز قرار داده شد و به مدت ۵ دقیقه آزادانه در ماز گردش کرد. در این آزمون تعداد گردش صحیح بدین صورت تعریف شد که سه ورودی، که در آن به هیچ بازوی تکراری ورود نشده باشد. جهت ارزیابی رفتار حیوان، بازوهایی که حیوان به آن‌ها وارد شده بود،

طی شده در مدت ۵ دقیقه اندازه گیری شد. همچنین، زمان حضور حیوان در مرکز میدان باز برای نشان دادن رفتار شبه اضطرابی اندازه گیری گردید. بعد از هر آزمایش، محوطه جعبه باز با محلول اتانول ۷۰ درصد برای هر حیوان تمیز شد. ارزیابی فعالیت حرکتی و رفتارهای شبه اضطرابی حیوانات با آزمون میدان باز در روز ۶۹ پس از تولد در بازه زمانی ۸ تا ۱۰ صبح انجام شد.

آزمون ماز بعلاوه مرتفع

برای ارزیابی رفتار شبه اضطرابی حیوان از ماز بعلاوه مرتفع استفاده شد [۵]. در این آزمون موش صحرایی اجازه یافت آزادانه دستگاه را که شامل دو بازوی باز (۵۰ × ۱۰ سانتی متر) و دو بازوی بسته (۴۰ × ۵۰ × ۱۰ سانتی متر) با یک اتصال مرکزی (۱۰ × ۱۰ سانتی متر) به مدت ۵ دقیقه بررسی کند. زمان صرف شده در بازوهای باز و تعداد ورود به بازوهای باز و بسته اندازه گیری شد. نور مناسب به وسیله یک لامپ ۶۰ وات که از طرف یک بازوی بسته به ماز تابانده می‌شد، تأمین می‌گردید. مشابه آزمایش قبلی، حرکات هر موش به طور خودکار توسط یک سیستم ردیابی ویدیویی (نرم افزار اتوویژن، نسخه ۹، هلند) ردیابی شد. هرگاه حیوان با هر چهار پنجه وارد بازو می‌شد، ورودی درست شمارش می‌شد. رابطه معکوس بین افزایش ورود

¹ Open field test

^{2 3} Elevated plus maze

⁴ Y-maze

گروه‌های مختلف از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه^۶ و بنفرونی به‌عنوان آزمون تعقیبی^۷ استفاده شد. در کلیه آنالیزها $p < 0.05$ به‌عنوان حداقل سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

بررسی اثرات طولانی مدت استرس محرومیت از مادر و مواجهه با مرفین در دوره نوجوانی بر فعالیت حرکتی و رفتار شبه‌اضطرابی در آزمون میدان باز در بزرگسالی

فعالیت حرکتی حیوانات در آزمون میدان باز با استفاده از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه و انجام تست تعقیبی بنفرونی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همانطور که در نمودار ۱ الف نشان داده شده است هیچ تفاوت معنی‌داری در میزان مسافت طی شده در جعبه باز در گروه‌های آزمایشی در مقایسه با گروه کنترل مشاهده نشد. همچنین در نمودار ۱ ب نشان داده شده است که استرس محرومیت از مادر و تجویز مرفین به تنهایی و یا در هر دو مواجهه سبب تغییر در مدت زمان سپری‌شده در مرکز

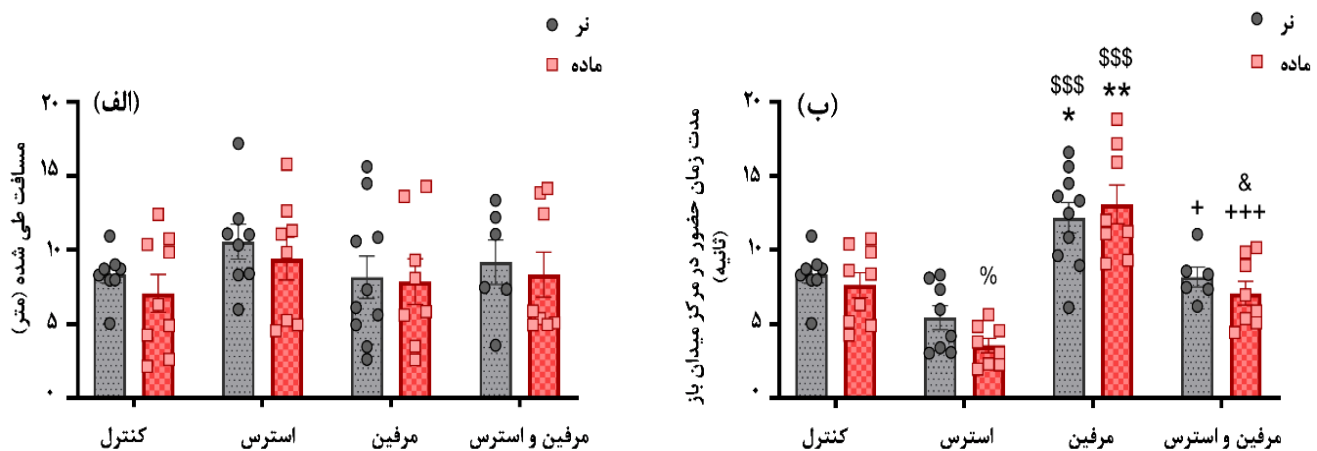
در توالی‌های سه‌تایی دسته‌بندی گردید، و دسته‌هایی که در آن‌ها بازوی تکراری وجود داشت، حذف شدند. بعلاوه، تعداد کل بازوهای هر حیوان وارد آن‌ها شده بود، مشخص شد، و بر اساس فرمول زیر درصد تناوب محاسبه گردید [۸، ۹].

$$\text{درصد تناوب خودبخودی} = \frac{\text{تعداد تناوب‌های خودبخودی}}{\text{تعداد کل ورودی به هر بازو منهای ۲}} \times 100$$

این آزمون در روز ۷۰ پس از تولد انجام گرفت. به منظور جلوگیری از بروز خطای احتمالی ناشی از بو یا بقایای باقی مانده از موش‌هایی که قبلاً مورد آزمایش قرار گرفته بودند، پس از هر آزمایش، ماز توسط اتانول ۷۰ درصد تمیز شد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار گراف پد پریزم^۴ نسخه ۸،۴،۲ برای ویندوز (نرم‌افزار گراف پد، ایالات متحده آمریکا) استفاده شد. جهت ارزیابی نرمال بودن داده‌ها از آزمون داگوستینو-پیرسون^۵ استفاده شد. برای مقایسه پارامترهای بین



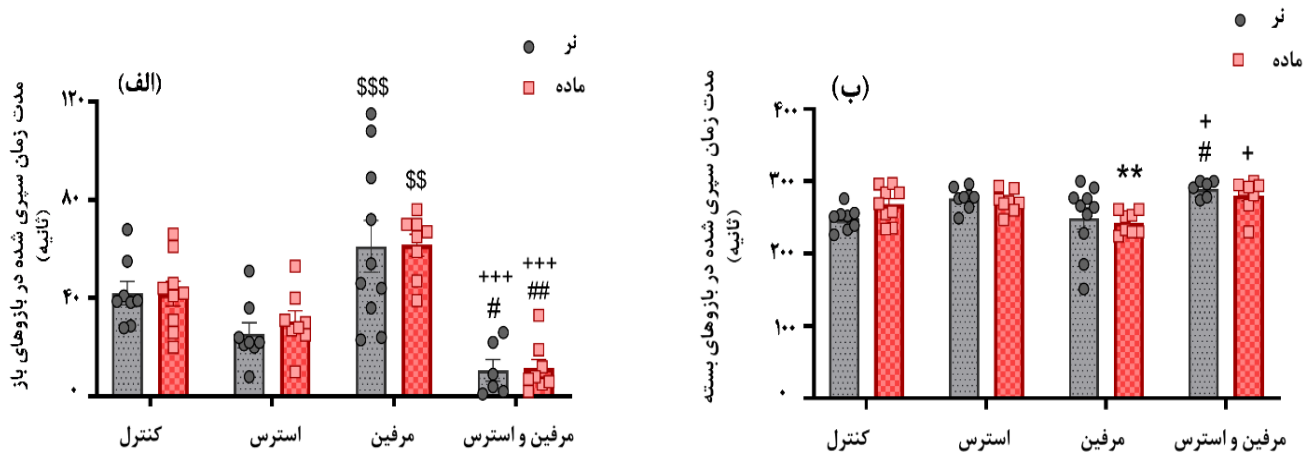
نمودار ۱- استرس محرومیت از مادر و مواجهه با مرفین در دوره نوجوانی بر فعالیت حرکتی در آزمون میدان باز در دوره بزرگسالی بی‌اثر بود. الف: میزان مسافت طی شده در جعبه باز در گروه‌های دریافت‌کننده استرس محرومیت از مادر (استرس، دریافت‌کننده مرفین نوجوانی (مرفین) و گروه دریافت‌کننده استرس محرومیت از مادر و مرفین در نوجوانی (مرفین و استرس) در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. ب: موش‌های صحرایی بزرگسالی که در دوره نوجوانی مواجهه با مرفین داشتند مدت زمان بیشتری را در مرکز میدان باز در مقایسه با گروه سالی‌ن سپری کردند. این شاخص در گروه مرفین و استرس در مقایسه با گروه مرفین کمتر بود. مقادیر به صورت میانگین $\pm$ انحراف استاندارد از میانگین بیان شدند. * و **: $p < 0.05$ و $p < 0.01$ به ترتیب در مقایسه با گروه کنترل. \$\$\$: $p < 0.001$ در مقایسه با گروه دریافت‌کننده استرس محرومیت از مادر. + و +++: $p < 0.05$ و $p < 0.001$ به ترتیب در مقایسه با گروه دریافت‌کننده مرفین. &: $p < 0.05$ در مقایسه با گروه دریافت‌کننده استرس محرومیت از مادر (تعداد حیوانات نر و ماده: ۱۸-۱۴ سر در هر گروه).

⁶ Two-way analysis of variance (ANOVA)

⁷ Bonferroni post hoc test

⁴ Prism

⁵ d'gostino-pearson



نمودار ۲- استرس محرومیت از مادر و مواجهه با مرفین در دوره نوجوانی منجر به افزایش رفتار شبه اضطرابی در آزمون ماز بعلاوه مرتفع در هر دو جنس در دوره بزرگسالی شد. الف: تعداد ورود به بازوهای باز در ماز بعلاوه مرتفع در گروه مرفین در مقایسه با گروه استرس افزایش معنی داری و در گروه مرفین و استرس در مقایسه با گروه های کنترل و مرفین کاهش معنی داری را نشان داد. ب: تعداد ورود به بازوهای بسته در ماز بعلاوه مرتفع در دو گروه مرفین و مرفین و استرس تفاوت های معنی داری را نشان دادند. این شاخص ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه و آزمون تعقیبی بنفرونی انجام شد و مقادیر به صورت میانگین $\pm$ انحراف استاندارد از میانگین بیان شدند. $p < 0.01$; $p < 0.001$ در مقایسه با گروه کنترل. *** و ** : $p < 0.01$ و $p < 0.001$ در مقایسه با گروه دریافت کننده استرس محرومیت از مادر. $^{+}$ و $^{+++}$: $p < 0.05$ و $p < 0.001$ به ترتیب در مقایسه با گروه دریافت کننده مرفین. * : $p < 0.05$ در مقایسه با گروه دریافت کننده استرس محرومیت از مادر. $^{#}$ ، $^{##}$ و $^{###}$: $p < 0.05$ ، $p < 0.01$ و $p < 0.001$ به ترتیب در مقایسه با گروه کنترل (تعداد حیوانات نر و ماده: ۱۸-۱۴ سر در هر گروه).

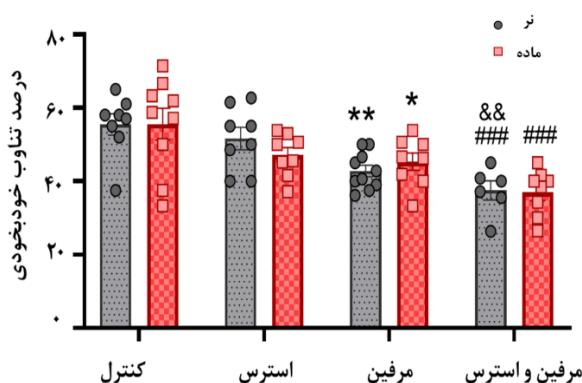
بازوهای باز و مدت زمان سپری شده در بازوهای بسته به عنوان شاخص های رفتار شبه اضطرابی در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه و آزمون تعقیبی بنفرونی انجام شد. بر اساس داده های نمودار ۲الف، شاخص مدت زمان سپری شده در بازوهای باز در گروه مواجهه یافته با مرفین در هر دو جنس در مقایسه با گروه دریافت کننده استرس محرومیت از مادر به صورت معنی دار بالا بود ($p < 0.01$) و همچنین کاهش معنی دار در این شاخص در گروه مرفین و استرس در مقایسه با گروه کنترل و گروه مواجهه یافته با مرفین در هر دو جنس وجود داشت ($p < 0.05$ ، $p < 0.01$ و $p < 0.001$). همچنین مدت زمان سپری شده در بازوهای بسته بر اساس نمودار ۲ب در موش های صحرایی بزرگسال ماده در گروه مواجهه یافته با مرفین نوجوانی در مقایسه با گروه کنترل کاهش معنی داری را نشان داد ($p < 0.01$). در گروه مرفین و استرس هر دو جنس نر و ماده در مقایسه با گروه مواجهه یافته با مرفین مدت زمان بیشتری را در بازوهای بسته سپری کردند و این شاخص در جنس نر این گروه در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$).

جعبه باز در موش های صحرایی نر و ماده شد. از طرف دیگر، تجویز مرفین به موش های صحرایی نر و ماده سبب افزایش معنی دار زمان حضور آن ها در مرکز جعبه باز شده و استرس محرومیت از مادر و تجویز مرفین هر دو با هم سبب کاهش معنی دار زمان سپری شده در مرکز جعبه باز در حیوانات بزرگسال ($p < 0.05$) گردید. در بررسی شاخص رفتار شبه اضطرابی، موش های صحرایی بزرگسالی که در نوجوانی با مرفین مواجهه داشتند در هر دو جنس در مقایسه با گروه سالین مدت زمان بیشتری را در مرکز میدان باز سپری کردند ولی در گروه مرفین و استرس، نوجوانان مواجهه یافته با مرفین که سابقه استرس محرومیت از مادر نیز داشتند در دوره بزرگسالی رفتار شبه اضطرابی آن ها در مقایسه با گروه مرفین افزایش یافته بود.

بررسی اثرات ماندگار استرس محرومیت از مادر و مواجهه با مرفین در دوره نوجوانی بر رفتار شبه اضطرابی در آزمون ماز بعلاوه مرتفع در بزرگسالی

در این مطالعه جهت سنجش رفتارهای شبه اضطرابی در آزمون ماز بعلاوه مرتفع، دو شاخص مدت زمان سپری شده در

مادر به اثر مواجهه با مرفین در دوره نوجوانی در بروز پروفایل رفتاری شبه‌اضطرابی در بزرگسالی ممکن است بیشتر باشد. شایان ذکر است که بلوغ سیستم عصبی می‌تواند تحت تأثیر سوء مصرف مواد مخدر در دوره رشد نوجوانی قرار گیرد و این اثرات منجر به تغییرات رفتاری پایدار می‌شود [۱۰]. برخی از مطالعاتی که اثرات کانابینوئیدها را بر رفتارهای شبه‌اضطرابی مورد بررسی قرار دادند، نتایج متناقضی را به همراه داشتند. بیسکیا^۸ و همکارانش (۲۰۰۳) نشان دادند که موش‌های بالغی که در دوره نوجوانی در معرض آگونیست‌های گیرنده کانابینوئیدی قرار گرفتند، رفتاری شبه‌اضطرابی در آزمایش ماز به علاوه مرتفع از خود نشان دادند [۱۱]. مطابق با این مطالعات، نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده طولانی مدت از مرفین در نوجوانان منجر به اثرات ضد اضطرابی پایدار تا دوره بزرگسالی می‌شود. برخی مطالعات به بررسی اثرات بین‌نسلی و وابسته به



نمودار ۳- استرس محرومیت از مادر و مواجهه با مرفین در نوجوانی منجر به اختلال در حافظه کاری در تست رفتاری ماز Y در دوره بزرگسالی گردید. درصد تناوب خودبخودی که شاخصی از حافظه کاری است در گروه مواجهه یافته با مرفین در دوره نوجوانی در موش‌های صحرایی بزرگسال در هر دو جنس نر و ماده در مقایسه با گروه کنترل کاهش معنی‌داری را نشان داد. همچنین حافظه کاری در گروه مرفین و استرس در مقایسه با گروه کنترل در هر دو جنس کاهش معنی‌داری را به همراه داشت و شاخص تناوب خودبخودی در جنس نر در گروه مرفین و استرس در مقایسه با گروه دریافت‌کننده استرس بصورت معنی‌داری کاهش یافته بود. تفاوت بین این شاخص در گروه‌های مختلف با استفاده از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه و آزمون تعقیبی بنفرونی انجام شد و مقادیر به صورت میانگین $\pm$ انحراف استاندارد از میانگین بیان شدند. * و **: $p < 0.05$ و $p < 0.01$ به ترتیب در مقایسه با گروه کنترل. ###: $p < 0.001$ در مقایسه با گروه کنترل. &&: $p < 0.01$ در مقایسه با گروه دریافت‌کننده استرس محرومیت از مادر (تعداد حیوانات نر و ماده: ۱۸-۱۴ سر در هر گروه).

بررسی اثرات ماندگار استرس محرومیت از مادر و مواجهه با مرفین بر حافظه کاری در تست رفتاری Y-maze در بزرگسالی

تناوب خودبخودی یک رفتار کاوشگرانه ساده است اما معیاری از حافظه کاری بدون نیاز به آموزش در نظر گرفته می‌شود [۷]. در این مطالعه، آزمون حافظه کاری با یک دستگاه ماز Y شکل سنجیده شد. در این آزمون، همه بازوها از ابتدا باز بودند. موش صحرایی به صورت تصادفی در یکی از بازوها قرار گرفت و ورودهای آن ظرف پنج دقیقه ثبت شد. معیاری به اسم تناوب خودبخودی میزان ورود صحیح موش را محاسبه می‌کند که در صورتیکه بالاتر از ۵۰ درصد باشد، حافظه فضایی کاری سالم در نظر گرفته می‌شود. همانطور که در نمودار ۳ نشان داده شده است، مواجهه با مرفین در دوره نوجوانی منجر به اختلال در حافظه کاری در موش‌های صحرایی بزرگسال در هر دو جنس نر و ماده ($p < 0.05$ و $p < 0.01$) در مقایسه با گروه کنترل گردید. همچنین حافظه کاری در گروه مرفین و استرس در مقایسه با گروه کنترل در هر دو جنس کاهش معنی‌داری ($p < 0.001$) را به همراه داشت و شاخص تناوب خودبخودی در جنس نر در گروه مرفین و استرس در مقایسه با گروه دریافت‌کننده استرس به صورت معنی‌داری ($p < 0.01$) کاهش یافته بود. بنابراین نتایج این بخش از مطالعه نشان می‌دهد که درصد کاهش تناوب خودبخودی در گروهی که هم تجربه محرومیت از مادر و هم مواجهه با مرفین در دوره نوجوانی داشته‌اند نسبت به درصد کاهش تناوب خودبخودی در گروه دریافت‌کننده مرفین بیشتر است و این امر اثر تخریبی ماندگار بیشتر هر دو نوع مواجهه در گروه مرفین و استرس را بر حافظه کاری در دوره بزرگسالی در هر دو جنس نسبت به مواجهه با مرفین در دوره نوجوانی را نشان می‌دهد.

بحث

در این مطالعه، تأثیرات ماندگار مواجهه با استرس محرومیت از مادر و مواجهه طولانی مدت با مرفین در دوره نوجوانی بر فعالیت حرکتی، رفتار شبه اضطرابی و حافظه کاری به صورت وابسته به جنس در دوره بزرگسالی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که اثر تجربه استرس محرومیت از

⁸ Biscaia

صحرائی ماده، اثرات قابل توجهی بر پاسخ مرفین این حیوانات دارد [۱۸].

محرومیت از مادر، موجب ایجاد نقص‌های شناختی در طول دوره بزرگسالی می‌شود. همچنین محرومیت از مادر، سبب تغییر در تقویت سیناپسی طولانی مدت در ناحیه پری‌لیمبیک قشر قدامی میانی می‌گردد. به علاوه، شواهدی از تغییر در توانایی شناختی مرتبط با قشر پیش پیشانی، و افزایش شکل‌پذیری سیناپسی در این ناحیه دیده شده است [۱۹]. یافته‌های یک مطالعه نشان می‌دهد که محرومیت از مادر، سبب کاهش تعداد سلول‌های گلیال در جسم سیاه و ناحیه تگمنتوم شکمی می‌شود، در حالی که تعداد سلول‌های عصبی این نواحی تغییر پیدا نمی‌کنند [۲۰].

بنابراین می‌توان اظهار داشت که اثرات مرفین در دوره نوجوانی و استرس محرومیت از مادر هم بصورت مجزا هم بصورت اثرات سینرژیک، انتقالات سیناپسی و فعالیت عصبی را تعدیل کرده و منجر به این تظاهرات رفتاری در سطح رفتارهای شبه اضطرابی و حافظه کاری شده است. همچنین می‌توان استدلال کرد که یک تعامل قوی آسیب‌رسان بین گیرنده‌های مواد افیونی و مرفین در طول رشد و اثرات استرس وجود دارد که منجر به اختلال در شکل‌پذیری سیناپسی می‌شود، که به صورت تغییرات رفتاری در بزرگسالی ظاهر می‌شود. در نهایت، آسیب‌پذیری را در حالت مواجهه با مواد مخدر، با سابقه استرس محرومیت از مادر، تقویت می‌کند.

جالب توجه است که ترکیب استرس محرومیت از مادر با مصرف مرفین در نوجوانی بصورت اثر هم افزایی، توسعه یک فنوتیپ اضطراب مانند را در هر دو جنس نر و ماده پیش برد (به‌عنوان مثال، کاهش مدت زمان حضور در بازوهای باز در ماز بعلاوه مرتفع). این نتایج نشان می‌دهد که قرار گرفتن موش‌های صحرائی نر و ماده در معرض استرس محرومیت از مادر و مرفین نوجوانی، اثرات مودولاتوری و تعدیلی بر بروز رفتارهای شبه اضطرابی دارد. آسیب‌پذیری در برابر اثرات افزایشی اضطراب ناشی از محرومیت از مادر، با اثرات کاهشی اضطراب با مصرف مرفین نوجوانی، به تعادل رسیده و کاهش یافته است.

جنس مواجهه با مرفین در دوره نوجوانی بر حافظه و رفتارهای شبه اضطرابی پرداخته‌اند که نتایج این مطالعه در تایید مطالعات قبلی بود [۱۳، ۱۲].

در راستای نتایج مطالعه حاضر، برخی از مطالعات قبلی نشان داده‌اند که محرومیت از مادر در اوایل زندگی، بر بروز علائم مشابه رفتار اضطرابی در دوران نوجوانی اثری ندارد ولی این نوع استرس، ظهور رفتارهای شبه افسردگی را تسهیل می‌کند. یافته‌های شنگاتو^۹ و همکارانش نیز نشان داد که قرار گرفتن در معرض استرس محرومیت از مادر باعث علائمی شبه اضطراب در حیوانات می‌شود، که با ارزیابی در ماز بعلاوه مرتفع مشاهده شد [۱۴]. بر خلاف نتایج مطالعه حاضر، بررسی‌های دیگو^{۱۰} و همکاران کاهش رفتارهای شبه اضطرابی در رت‌های نر و ماده جدا شده از مادر را نشان داد، اما رت‌های ماده جدا شده رفتارهای اضطرابی کمتری نسبت به نرها نشان دادند؛ در واقع زمان بیشتری را در بازوی باز سپری کردند [۱۵]. ساختارهای مغزی و مکانیسم‌های مولکولی که زمینه‌ساز این تغییرات عصبی رفتاری پایدار در نتیجه مواجهه با مرفین در دوره نوجوانی و استرس محرومیت از مادر است، به طور کامل شناخته نشده است. بر اساس شواهد موجود، برخی از نواحی مغز مانند آمیگدال و قشر جلوی مغز که در کنترل اضطراب نقش مهمی دارند، ممکن است در ایجاد رفتارهای عاطفی دخیل باشند [۱۶]. همچنین استرس محرومیت از مادر منجر به افزایش بیان گیرنده‌های گابا-A و تغییر در عملکرد قشر پره‌فروتال می‌شود که می‌تواند در بروز رفتارهای شبه اضطرابی نقش داشته باشد. اثرات استرس محرومیت از مادر بر انتقالات گابا می‌تواند با اثر بر میزان گلوکوکورتیکوئیدها و تغییرات در سطوح فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز^{۱۱} در طول رشد عصبی مرتبط باشد [۱۷].

از سوی دیگر، یافته‌های قبلی گزارش کرده‌اند که موش‌های صحرائی نر و ماده به رژیم‌های تحت درمان با مرفین متفاوت پاسخ می‌دهند. علاوه بر این، به دلیل نقش مواد افیونی درون‌زا در شروع بلوغ و تنظیم عملکرد تولیدمثلی، حیوانات ماده ممکن است در این دوره، به‌ویژه در برابر اثرات قرار گرفتن در معرض مواد افیونی طولانی مدت، آسیب پذیرتر باشند. ترشح پرولاکتین، هورمون‌های غدد جنسی و بیان ژن‌های عصبی در موش‌های

¹¹ Brain-derived neurotrophic factor (BDNF)

⁹ Shangato

¹⁰ Digo

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه می‌تواند به‌عنوان پیش‌آگاهی برای خانواده‌ها و سیستم تعلیم و تربیت باشد در خصوص توجه به نوع سبک پرورش فرزندان از دوران نوزادی و دوره حساس نوجوانی در محیط زندگی آنان و تأثیری که می‌تواند از نظر شناختی و روانی بر فرزندان داشته باشد. اهمیت این یافته‌ها را باید در زمینه اهمیت دوره نوجوانی به‌عنوان یک دوره حساس رشد و تکامل مغز که تحت تأثیر عوامل محیطی مانند سوءمصرف مواد قرار می‌گیرد، مورد توجه قرار داد. درنهایت، باتوجه به نتایج مطالعه حاضر، مطالعات آتی مورد نیاز است تا ماهیت تجربه هیجانی نوجوانان را با بررسی گیرنده‌ها، آبشارهای سیگنالی، مولکول‌ها و ساختارهای مغزی درگیر در تغییرات رفتاری و سلولی پس از قرارگرفتن در معرض مرفین در نوجوانان در هر دو جنس با سابقه تجربه محرومیت از مادر روشن کند.

سیاسگزاری

مجریان از حمایت مالی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه کمال تشکر را دارند.

ملاحظات مالی

این مقاله با حمایت مالی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه (با کد اخلاق IR.KUMS.MED.REC.1400.018) صورت پذیرفته است.

تعارض در منافع

نویسندگان این مقاله تعارض در منافع ندارند.

نقش نویسندگان

ف.خ.، ا.م.: انجام آزمایش‌ها، آنالیز داده‌ها و نگارش مقاله؛ م.ز.: ویرایش مقاله و مشاوره حین اجرای پژوهش و س.ا.ن.: طراحی، نظارت و راهنمایی حین اجرای پژوهش.

فهرست منابع

- [1] Spear LP, The adolescent brain and age-related behavioral manifestations. *Neurosci Biobehav Rev* 24 (2000) 417-463.
- [2] Salmanzadeh H, Ahmadi-Soleimani SM, Pachenari N, Azadi M, Halliwell RF, Rubino T, Azizi H, Adolescent drug exposure: A review of evidence for the development of persistent changes in brain function. *Brain Res Bull* 156 (2020) 105-117.
- [3] Masroui H, Azadi M, Semnanian S, Azizi H, Maternal deprivation induces persistent adaptations in putative dopamine neurons in rat ventral tegmental area: in vivo electrophysiological study. *Exp Brain Res* 238 (2020) 2221-2228.
- [4] Khani F, Pourmotabbed A, Hosseinmardi N, Nedaei SE, Fathollahi Y, Azizi H, Impairment of spatial memory and dorsal hippocampal synaptic plasticity in adulthood due to adolescent morphine exposure. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 116 (2022) 110532.
- [5] Khani F, Pourmotabbed A, Hosseinmardi N, Nedaei SE, Fathollahi Y, Azizi H, Development of anxiety-like behaviors during adolescence: Persistent effects of adolescent morphine exposure in male rats. *Dev Psychobiol* 64 (2022) e22315.
- [6] Khani F, Pourmotabbed A, Hosseinmardi N, Alaei E, Fathollahi Y, Azizi H, Acute adolescent morphine exposure improves dark avoidance memory and enhances long-term potentiation of ventral hippocampal

- CA1 during adulthood in rats. *Addict Biol* 28 (2023) e13308.
- [7] Kraeuter A-K, Guest PC, Sarnyai Z, The Y-maze for assessment of spatial working and reference memory in mice. *Pre-clinical models* 1916 (2019) 105-111.
- [8] Miedel CJ, Patton JM, Miedel AN, Miedel ES, Levenson JM, Assessment of spontaneous alternation, novel object recognition and limb clasping in transgenic mouse models of amyloid- β and tau neuropathology. *J Vis Exp* 123 (2017) e55523.
- [9] Zavvari F, Karimzadeh F, A review on the behavioral tests for learning and memory assessments in rat. *Neurosci J Shefaye Khatam* 5 (2017) 110-124.
- [10] Khani F, Pourmotabbed A, Veisi M, Hosseinmardi N, Fathollahi Y, Azizi H, Adolescent morphine exposure impairs dark avoidance memory and synaptic potentiation of ventral hippocampal CA1 during adulthood in rats. *Life Sci* 314 (2022) 121344.
- [11] Biscaia M, Marín S, Fernández B, Marco EM, Rubio M, Guaza C, Ambrosio E, Viveros MP, Chronic treatment with CP 55,940 during the peri-adolescent period differentially affects the behavioural responses of male and female rats in adulthood. *Psychopharmacology* 170 (2003) 301-308.
- [12] Alipour V, Shojaei A, Rezaei M, Mirnajafi-Zadeh J, Azizi H, Intergenerational consequences of adolescent morphine exposure on learning and memory. *Neurosci Lett* 808 (2023) 137303.
- [13] Azadi M, Zare M, Pachenari N, Shojaei A, Semnanian S, Azizi H, Sex-specific transgenerational effects of adolescent morphine exposure on short-term memory

- and anxiety behavior: Male lineage. *Neurosci Lett* 761 (2021) 136111.
- [14] Jin S, Zhao Y, Jiang Y, Wang Y, Li C, Zhang D, Lian B, Du Z, Sun H, Sun L, Anxiety-like behaviour assessments of adolescent rats after repeated maternal separation during early life. *Neuroreport* 29 (2018) 643-649.
- [15] León Rodríguez DA, Dueñas Z, Maternal separation during breastfeeding induces gender-dependent changes in anxiety and the GABA-A receptor alpha-subunit in adult wistar rats. *PLoS One* 8 (2013) e68010.
- [16] Akwa Y, Purdy RH, Koob GF, Britton KT, The amygdala mediates the anxiolytic-like effect of the neurosteroid allopregnanolone in rat. *Behav Brain Res* 106 (1999) 119-125.
- [17] Lippmann M, Bress A, Nemeroff CB, Plotsky PM, Monteggia LM, Long-term behavioural and molecular alterations associated with maternal separation in rats. *Eur J Neurosci* 25 (2007) 3091-3098.
- [18] Völlm BA, de Araujo IE, Cowen PJ, Rolls ET, Kringelbach ML, Smith KA, Jezard P, Heal RJ, Matthews PM, Methamphetamine activates reward circuitry in drug naive human subjects. *Neuropsychopharmacol* 29 (2004) 1715-1722.
- [19] Cui Y, Cao K, Lin H, Cui S, Shen C, Wen W, Mo H, Dong Z, Bai S, Yang L, Shi Y, Zhang R, Early-life stress induces depression-like behavior and synaptic-plasticity changes in a maternal separation rat model: gender difference and metabolomics study. *Front pharmacol* 11 (2020) 102-108.
- [20] Chocyk A, Dudys D, Przyborska A, Majcher I, Maćkowiak M, Wędzony K, Maternal separation affects the number, proliferation and apoptosis of glia cells in the substantia nigra and ventral tegmental area of juvenile rats. *Neuroscience* 173 (2011) 1-18.

Research paper

Permanent effects of maternal deprivation stress and adolescent morphine exposure on anxiety-like behaviors and working memory in male and female rats

Fatemeh Khani¹, Ershad Mahmoudi², Motahareh Zeinivand², Seyed Ershad Nedaei^{2*}¹*Sleep Disorders Research Center, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran*²*Department of Physiology, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran*

Received: 28 November 2023

Accepted: 7 January 2024

Abstract

Background and Aim: Experience of separation from mother can cause lasting changes in brain structure. Meanwhile, exposure to opioids in adolescence can affect cognitive abilities. In this study, effects of maternal deprivation stress and exposure to morphine in adolescence on anxiety-like behaviors and working memory were evaluated in adult rats.

Methods: Male and female Wistar rats including control, maternal deprivation stress (Str), receiving morphine (Morphine) in adolescent, and Morphine with Stress (Mor + Str) group were selected. In the Str group, the offspring was separated from their mothers 3 hours/day for 14 days. Morphine group received increasing doses of morphine from 2.5 to 25 mg/kg for 10 days (31-40 postnatal day). Open field test, elevated plus maze and Y maze were used to investigate locomotor activity, anxiety-like behaviors and working memory of animals, respectively.

Results: There was no significant difference in locomotor activity between morphine and control groups. Morphine group in both sexes spent more time in center of the open field compared to control group, and unlike the Mor + Str group, had stable anti-anxiety behavioral effects until adulthood. Working memory was impaired in both Morphine and Mor + Str groups in both sexes compared to control group.

Conclusion: Maternal deprivation and substance abuse have lasting effects on occurrence of anxiety-like behaviors during the developmental period of adolescence. Maturation of the nervous system can be affected by these adverse environmental factors and underwent permanent behavioral changes and cognitive disorders.

Keywords: Adolescence; Anxiety-like behavior; Maternal deprivation; Morphine; Working memory

Please cite this article as follows:

Khani F, Mahmoudi E, Zeinivand M, Nedaei SE, Permanent effects of maternal deprivation stress and adolescent morphine exposure on anxiety-like behaviors and working memory in male and female rats. *Iran J Physiol Pharmacol* 7 (2023) 187-196.

*Corresponding author: Ershad_nedaei@yahoo.com (ORCID ID: 0000-0001-6068-5812)