

# برهمکنش هارمان و گیرنده های نیکوتینی هیپوکامپ پشتی در بررسی رفتار اضطرابی موش سوری

\*<sup>۱</sup> مرتضی پیری ، محمد ناصحی ، <sup>۲</sup> مریم السادات شاهین ، محمد رضا زرین دست <sup>۳</sup> ، <sup>۴</sup>

## خلاصه:

سابقه و هدف: آلکالوئیدهای بتا- کربولین نظیر هارمان در مواد غذایی و مواد تدخینی مشتق از گیاهان نظیر توتون یافت می‌شوند. در این مطالعه نقش گیرنده‌های نیکوتینی هیپوکامپ پشتی موش سوری در اثرات هارمان بر رفتار اضطرابی مورد مطالعه قرار گرفته است. مواد و روش‌ها: به منظور تزریق داخل هیپوکامپی نیکوتین، ناحیه CA1 هیپوکامپ پشتی موش‌های سوری مورد مطالعه با استفاده از دستگاه استریوتاکس به صورت دو طرفه کانول گذاری گردید. پس از گذشت یک هفته و متعاقب تزریق داخل صفاقی هارمان، رفتار اضطرابی حیوانات با آزمون hole-board سنجیده شد. داده‌های حاصل با آزمون آنالیز واریانس یک طرفه مقایسه شدند. نتایج: در این مطالعه، تزریق درون صفاقی هارمان تعداد head dip و فعالیت حرکتی حیوان را کاهش داد ( $P=0/001$ ). به علاوه، تزریق دوطرفه نیکوتین به داخل هیپوکامپ پشتی نیز از تعداد head dip کاست ( $P=0/01$ )، بدون اینکه بر روی فعالیت حرکتی اثری بگذارد. همچنین، تزریق مکامیلاین (آنتاگونیست گیرنده نیکوتینی) به داخل هیپوکامپ پشتی در غیاب و حضور هارمان اثری بر روی رفتار اضطرابی و فعالیت حرکتی نداشت ( $P>0/05$ ).

نتیجه‌گیری: این نتایج نشان می‌دهد نه تنها هارمان و نیکوتین دارای اثر اضطراب زا می‌باشند، بلکه بین آنها یک برهمکنش پیچیده نیز وجود دارد. همچنین، اثرات اضطرابی هارمان از طریق گیرنده های غیر نیکوتینی القاء می‌شود.

واژگان کلیدی: هارمان، نیکوتین، هیپوکامپ، اضطراب، موش سوری

فصلنامه علمی - پژوهشی فیض، دوره چهاردهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹، صفحات ۳۹۷-۳۸۸

## مقدمه

در مورد بتا- کربولین‌ها مطالعات رفتاری چندانی صورت نگرفته است. گزارش‌های پیشین نشان می‌دهند که گیاهان محتوی برخی از بتا- کربولین‌ها مانند هارمالا دارای اثرات توهم زا می‌باشند [۴]. به نظر می‌رسد بتا- کربولین‌ها اثرات رفتاری خود را از طریق برهم-کنش با گیرنده‌ها و آنزیم‌های مختلف درگیر در تولید و حذف نورترانسسمیترها اعمال می‌نمایند. گزارش شده است که بتا- کربولین‌ها می‌توانند به گیرنده‌های بنزودیازپینی، ایمیدازولینی، دوپامینی، استیل کولینی، سروتونینی و گیرنده‌های گلوتاماتی NMDA وصل شوند و عملکرد آنها را تحت تأثیر قرار دهند [۸-۵]. تغییرات کوچک در ساختار بتا- کربولین‌ها می‌تواند تغییرات شدید در میل ترکیبی آنها در اتصال به گیرنده‌ها ایجاد نمایند؛ به-عنوان نمونه هارمان، هارمین و هارمالین تمایل زیادی به گیرنده-های کولینرژیک و گیرنده‌های اپیوئیدی دارند، درحالی‌که تترا-هیدرونورهارمان تمایل زیادی به گیرنده‌های سروتونینی دارد و می‌تواند اثرات محرک‌های گیرنده‌های دوپامینی را بلوکه نماید [۹]. این تمایل بتا- کربولین‌ها به طیف وسیعی از گیرنده‌ها باعث تنوع اثرات فارماکولوژیکی این ترکیبات شده است. به نظر می‌رسد که اثرات توهم زای این ترکیبات نتیجه اثر بتا- کربولین‌ها روی سروتونین و گیرنده‌های سروتونینی می‌باشد [۱۰]، درحالی‌که ایجاد لرزش و اثر بر رفتار اضطرابی بیشتر به واسطه گیرنده‌های

تعدادی از آلکالوئیدهای بتا- کربولین، نظیر ۱- متیل بتا- کربولین (هارمان) و ۱- متیل ۷- متوکسی ۳ و ۴- دی هیدرو بتا- کربولین (هارمالین) به‌طور طبیعی در غذای انسان مانند گندم، برنج، ذرت، جو، انگور، قارچ و سرکه وجود دارند. همچنین این آلکالوئیدها در تنباکو که منشأ گیاهی دارد، حضور دارند [۱]. مدارک موجود نشان می‌دهند که هارمان و نورهارمان در اثر واکنش آنزیمی از آمینواسید تریپتامین و استالدئید یا پیرویک اسید در بدن تولید می‌شوند [۲] و به‌طور طبیعی در بخش‌هایی از بدن مانند پلاسمای خون، قلب، کلیه، کبد و بافت مغز وجود دارند [۳].

<sup>۱</sup> مربی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل  
<sup>۲</sup> استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار

<sup>۳</sup> کارشناس زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری، عضو باشگاه پژوهشگران جوان

<sup>۴</sup> استاد، گروه فارماکولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

## \* نشانی نویسنده مسوول:

اردبیل، میدان بسیج، دانشکده پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

تلفن: ۰۹۱۲ ۲۵۴۳۵۸۵ دپوئیس: ۰۴۵۱ ۷۷۲۸۰۲۶

پست الکترونیکی: biopiri@iauardabil.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۲۲ تاریخ پذیرش نهایی: ۸۹/۷/۲۴

## مواد و روش ها

در این مطالعه تجربی که در پژوهشکده علوم شناختی (تهران-ایران) انجام شد، از ۲۱۸ سر موش کوچک آزمایشگاهی نر نژاد NMRI (وزن تقریبی ۳۰-۲۲ گرم) که از انستیتو پاستور ایران تهیه شده بودند استفاده گردید. حیوان‌ها به حیوانخانه تحقیقاتی پژوهشکده علوم شناختی منتقل شده و در گروه‌های ده تایی قرار داده شدند. در طول آزمایش‌ها آب و غذای کافی در اختیار موش-ها قرار می‌گرفت. دمای حیوانخانه بین  $22 \pm 3$  درجه سانتی‌گراد متغیر بود. قبل از جراحی به مدت یک هفته به موش‌ها اجازه داده شد که خود را با شرایط حیوانخانه تطبیق دهند.

دستگاه Hole board:

تست Hole-board در ابتدا برای بررسی رفتار حیوان در محیط‌های جدید و نا آشنا به کار می‌رفت [۲۱]، ولی امروزه برای بررسی اضطراب و پاسخ حیوان به استرس نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۲]. با توجه به اینکه این تست، امکان مشاهده و اندازه‌گیری رفتارهای مختلف حیوان را به صورت همزمان می‌دهد، می‌توان توصیف جامعی از رفتار داشت. دستگاه Hole-board (شرکت برج صنعت، تهران، ایران) بر اساس روشی که قبلاً نیز مورد استفاده قرار گرفته است [۲۳]، از یک صفحه پلاستیکی مایل به سفید از جنس پرسپکس به ابعاد  $40 \times 40 \times 4$  سانتی‌متر ساخته شده است. این صفحه به شکل یک مکعب مربع می‌باشد که طول و عرض آن  $40$  سانتی‌متر و ارتفاع آن  $3$  سانتی‌متر می‌باشد. صفحه پایین به کار رفته در این مکعب بدون سوراخ می‌باشد، اما در روی صفحه بالایی  $16$  سوراخ به قطر  $2$  سانتی‌متر تعبیه شده که این سوراخ‌ها تا صفحه پایینی ( $3$  سانتی‌متر) امتداد دارند. توسط چشم-های نوری تعبیه شده در این دستگاه تعداد head dip (دفعاتی که حیوان سرش را در مدت  $5$  دقیقه وارد سوراخ‌ها می‌کند و در می‌آورد) شمارش می‌شود. با توجه به رفتار جستجوگرانه، موش‌ها تمایل دارند تا به کاوش در این محیط جدید پرداخته و سر خود را در سوراخ‌های صفحه دستگاه کرده و در آورند. در حیوان‌های مضطرب رفتار جستجوگرانه کاهش می‌یابد. از این ویژگی کاهش رفتار جستجوگرانه در موش‌های مضطرب برای پی‌بردن به اثرات اضطرابی و ضد اضطرابی داروها می‌توان استفاده نمود؛ به گونه‌ای که داروهای اضطراب زا تعداد دفعاتی که حیوان سر خود را در این سوراخ‌ها کرده و در می‌آورد (تعداد head dip) را کاهش می‌دهند و داروهای ضد اضطراب تعداد head dip را افزایش می‌دهند. هم‌زمان با تست رفتار اضطرابی فعالیت حرکتی حیوان نیز به کمک علامت + که در روی صفحه این دستگاه رسم شده و صفحه را به چهار قسمت برابر تقسیم می‌کند، سنجیده می‌شود. این

بنزودیازپینی صورت می‌گیرد [۱۱،۷]. از طرف دیگر شباهت‌های زیادی بین بتا-کربولین‌ها و نیکوتین وجود دارد. هر دو آلکالوئید بتا-کربولین و نیکوتین در تنباکو و سیگار وجود دارند و غلظت بتا-کربولین‌هایی نظیر هارمان در بدن افراد سیگاری به شدت افزایش می‌یابد [۱۲]. مشخص شده است که هارمان همانند نیکوتین می‌تواند نورون‌های دوپامینرژیک ناحیه تگمنتوم شکمی را فعال نماید. جالب‌تر اینکه قدرت هارمان در زمینه فعال نمودن نورون‌های دوپامینرژیک ناحیه تگمنتوم شکمی بیش از نیکوتین بوده و این دو ترکیب با هم به صورت سینرژیک عمل کرده و اثر تحریکی قوی‌تری بر روی نورون‌های دوپامینرژیک اعمال می‌نمایند. بدین ترتیب به نظر می‌رسد که هارمان در وابستگی به سیگار دارای اهمیت زیادی باشد [۱۳]. پیشنهاد شده است که هارمان و بتا-کربولین‌های دیگر موجود در سیگار و توتون به واسطه مهار آنزیم مونوآمین اکسیداز، اثرات نیکوتین روی نورون‌های دوپامینی را تعدیل نموده و بدین ترتیب در ایجاد اثرات رفتاری تولید شده توسط سیگار دخیل می‌باشند [۱۴]. آلکالوئید نیکوتین اثرات فارماکولوژیکی متنوع دارد [۱۵]. بسیاری از اثرات نیکوتین به توانایی این دارو در برهم‌کنش با سیستم‌های نوروترانسمیتری مختلف بستگی دارد و مشابه چنین حالتی در مورد بتا-کربولین‌ها نیز گزارش شده است [۱۶]. در مورد اثرات هارمان و نیکوتین روی رفتار اضطرابی گزارشات متعدد و متناقضی وجود دارد؛ به گونه‌ای که برای این دو آلکالوئید اثرات ضد اضطرابی و اضطراب زایی نیز گزارش شده است [۱۷]. از طرف دیگر برخی مطالعات نشان می‌دهند که هیپوکامپ پستی نقش مهمی در بروز رفتارهای اضطرابی دارد [۱۸]. هیپوکامپ نورون‌های کولینرژیک خود را از بخش میانی سپتوم و بازوی عمودی بخش مورب بروکا دریافت می‌کند و این نورون‌های کولینرژیک نقش مهمی در اعمال شناختی و رفتار اضطرابی بازی می‌کنند [۱۹]. علاوه بر این هیپوکامپ ارتباطات گسترده‌ای با سپتوم، لوکوس سرولنوس، هسته رافه، هیپوتالاموس، آمیگدال و بخش میانی قشر پیشانی دارد و بیان شده است که تمامی نواحی فوق در بروز رفتار اضطرابی دخیل می‌باشند [۲۰]. با در نظر داشتن برهم‌کنش بین بتا-کربولین‌ها و نیکوتین و توجه به این نکته که هارمان در جیره غذایی ما وجود دارد و مقدار آن همانند نیکوتین در بدن افراد سیگاری به شدت افزایش می‌یابد و نیز توجه به این موضوع که هر دو آلکالوئید طیف وسیعی از رفتارها را با برهم‌کنش با سیستم‌های نوروترانسمیتری مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهند، در این مطالعه برهم‌کنش بین هارمان و گیرنده‌های نیکوتینی هیپوکامپ در زمینه رفتار اضطرابی مورد بررسی قرار گرفته است.

### تزریق درون مغزی دارو

برای تزریق دارو پس از برداشتن سیم داخل کانول راهنما، سر سوزن ۳۰ G دندانبزشکی که ۹ میلی متر طول داشت در داخل کانول راهنما ۲۳ G قرار داده شده و در هر کانول ۰/۵ میکرولیتر دارو در مدت ۹۰-۶۰ ثانیه تزریق می‌شد. در طول تزریق به حیوان اجازه داده می‌شد بدون هیچ استرسی آزادانه حرکت کند. تیمارهای دارویی و آزمایش‌های انجام شده

آزمایش اول: اثر هارمان بر رفتار اضطرابی

در این آزمایش چهار گروه حیوان به کار رفت. گروه اول نرمال سالین (۱۰ میلی لیتر بر کیلوگرم) و سه گروه باقیمانده مقادیر مختلف هارمان (۵، ۱۰، ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را پانزده دقیقه قبل از تست اضطراب به صورت درون صفاقی دریافت کردند.

آزمایش دوم: اثر تزریق نیکوتین در هیپوکامپ پستی بر رفتار اضطرابی

در این آزمایش چهار گروه حیوان به کار رفت. گروه اول سالین (۰/۵ میکرولیتر در هر طرف) و سه گروه باقیمانده مقادیر مختلف نیکوتین (۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ میکروگرم بر موش) را به صورت تزریق داخل هیپوکامپ پستی دو طرف دریافت کردند.

آزمایش سوم: اثر تزریق نیکوتین در ناحیه هیپوکامپ پستی بر پاسخ اضطرابی القاء شده با هارمان

در این آزمایش چهار گروه حیوان به کار رفت. پانزده دقیقه قبل از تست تمامی گروه‌ها هارمان (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را به صورت درون صفاقی دریافت داشتند. ده دقیقه بعد از تزریق اول یعنی پنج دقیقه مانده به زمان تست، گروه اول سالین (۰/۵ میکرولیتر در هر طرف) و سه گروه باقیمانده مقادیر مختلف نیکوتین (۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ میکروگرم بر موش) را به صورت تزریق داخل هیپوکامپ پستی دو طرف دریافت کردند.

آزمایش چهارم: اثر مکامیلامین در حضور و عدم حضور هارمان بر رفتار اضطرابی

در این آزمایش هشت گروه حیوان به کار رفت. چهار گروه اول پانزده دقیقه قبل از تست، سالین (۱۰ میلی لیتر بر کیلوگرم) و چهار گروه بعدی هارمان (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را به صورت درون صفاقی دریافت کردند، علت اینکه از بین سه دوز هارمان دوز ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در این مرحله از آزمایش انتخاب شد این بود که بقیه دوزهای هارمان فعالیت حرکتی حیوان را تحت تاثیر قرار می‌دادند، اما دوز ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم هارمان فقط بر روی پاسخ اضطرابی اثر داشت و فعالیت حرکتی را تغییر نمی‌داد. ده دقیقه بعد از تزریق اول (سالین یا هارمان) یعنی

علامت به علاوه با رسم خطوط مستقیمی که وسط اضلاع مقابل صفحه مربعی شکل Hole board را به هم وصل می‌کند، ایجاد می‌گردد. تعداد دفعاتی که حیوان از روی این خطوط عبور می‌کند نمادی از فعالیت حرکتی حیوان می‌باشد.

### داروها

در این تحقیق داروهای هارمان، نیکوتین و مکامیلامین (آنتاگونیست گیرنده‌های نیکوتینی) مورد استفاده قرار گرفت که همگی این داروها محصول شرکت سیگما (آمریکا) می‌باشند. هارمان، نیکوتین و مکامیلامین در نرمال سالین ۰/۹ درصد استریل حل شدند. pH نیکوتین بعد از حل شدن در نرمال سالین با اضافه نمودن سود ۰/۱ درصد به pH طبیعی محیط داخلی (۷/۴) رسید. تزریق داروی هارمان ۱۵ دقیقه قبل از انجام تست اضطراب و به صورت درون صفاقی و به حجم ۱۰ میلی لیتر بر کیلوگرم انجام شد و تزریق نیکوتین و مکامیلامین ۵ دقیقه قبل از تست اضطراب از طریق کانول‌های قرار داده شده در سر حیوان به حجم یک میکرولیتر به ناحیه هیپوکامپ پستی هر موش انجام شد. در حیواناتی که هارمان را همراه با نیکوتین یا مکامیلامین دریافت می‌کردند، تزریق هارمان ۱۵ دقیقه قبل از تست اضطراب انجام می‌شد، ده دقیقه بعد تزریق نیکوتین یا مکامیلامین صورت می‌گرفت و در نهایت ۵ دقیقه بعد از تزریق نیکوتین یا مکامیلامین تست اضطراب به عمل می‌آمد. انتخاب دوز داروهای به کار رفته در این تحقیق بر اساس مطالعات قبلی و مطالعات ابتدائی صورت گرفت [۲۴].

### جراحی و کانول گذاری در ناحیه هیپوکامپ پستی

موش‌های کوچک آزمایشگاهی توسط تزریق کتامین هیدروکلرید (۱۰۰ mg/kg) به علاوه زایلین (۱۰ mg/kg) بی-هوش شدند، سپس حیوانات در دستگاه استریوتاکس قرار داده شدند. کانول‌های راهنما (۲۳ G) به صورت دو طرفه یک میلی‌متر بالاتر از محل تزریق (ناحیه هیپوکامپ پستی)، با مختصات ۲-AP=، ML=+۱/۶، V=-۱/۵ [۲۵] قرار داده شدند. در مجموع در سر هر حیوان دو کانول قرار داده شد، یکی از این کانول‌ها در هیپوکامپ پستی سمت راست مغز و دیگری در هیپوکامپ پستی سمت چپ مغز قرار داشت. بعد از قرار دادن کانول در مختصات مورد نظر با استفاده از سیمان دندان پزشکی کانول‌های راهنما در جای خود محکم شدند. پس از جراحی و قبل از تزریق درون مغزی دارو، به حیوان اجازه داده می‌شد ۵ تا ۷ روز دوره بهبودی پس از جراحی را به منظور رفع استرس و تخریب بافتی احتمالی توسط جراحی سپری کرده و به حالت عادی خود برگردد.

آنالیز آماری گردید، که این ۲۰۰ سر موش در ۲۰ گروه ده تایی قرار گرفتند.

#### تجزیه و تحلیل آماری

تعداد head-dip و فعالیت حرکتی هر گروه به صورت میانگین و انحراف استاندارد میانگین ثبت گردید. به منظور تعیین وجود اختلاف بین گروه‌های آزمایش، از روش تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی دونت استفاده گردید. برای انجام محاسبات آماری از نرم افزار SPSS و برای رسم نمودارها از نرم افزار Sigma Plot استفاده شد.

#### نتایج

شکل شماره ۱ مقطع بافتی مربوط به ناحیه CA1 هیپوکامپ پستی که نشان دهنده محل قرارگیری صحیح کانول در مقایسه با شکل شماتیک برگرفته از اطلس پاکسینوس می‌باشد را نمایش می‌دهد. لازم به ذکر است که تنها داده‌های مربوط به حیواناتی که محل جراحی آنها در مقایسه با اطلس پاکسینوس صحیح بود، در آنالیز آماری مورد استفاده قرار گرفت.

پنج دقیقه مانده به زمان تست، چهار گروه آزمایش به ترتیب سالیان یا مقادیر مختلف مکامیلامین (۲، ۱، ۰/۵ میکروگرم بر موش) را به صورت تزریق داخل هیپوکامپ پستی دو طرف دریافت کردند.

#### بافت شناسی

پس از کشتن حیوان‌ها توسط کلروفرم با تزریق رنگ متیلن بلو ۴ (۱  $\mu\text{l}$ ) به داخل هر دو کانول، مغز از درون حجمه بیرون آورده شده و درون فرمالین ۱۰ درصد قرار می‌گرفت. پس از یک هفته با استفاده از تیغ جراحی در محل ورود کانول به درون مغز برش‌هایی داده شده، محل ورود کانول به مغز به وسیله میکروسکوپ لوپ مورد مطالعه قرار می‌گرفت. جهت مطالعه مقاطع بافتی تهیه شده، از اطلس پاکسینوس استفاده می‌شد. پس از کسب اطمینان از محل قرارگیری کانول‌ها در نواحی مورد نظر، اطلاعات حاصل از هر حیوان مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. لازم به ذکر است که از مجموع ۲۱۸ موش به کار رفته در این مطالعه، داده‌های مربوط به ۱۸ سر موش به دلیل نادرست بودن محل قرارگیری کانول، بسته شدن کانول‌ها و یا افتادن کانول‌ها حذف گردید و داده‌های مربوط به ۲۰۰ موش دیگر

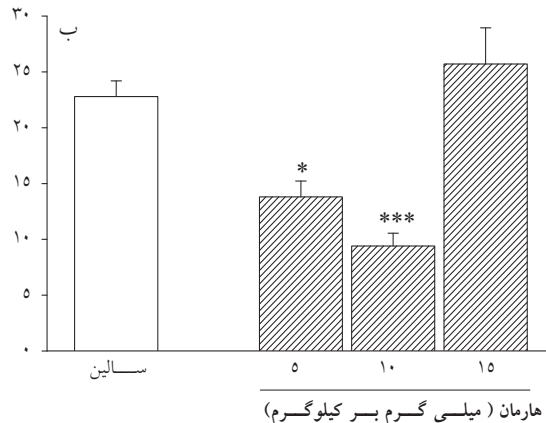
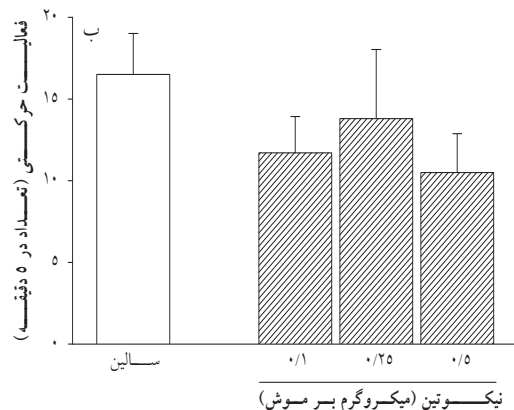
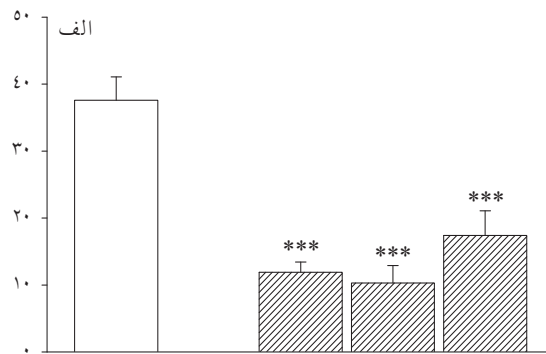
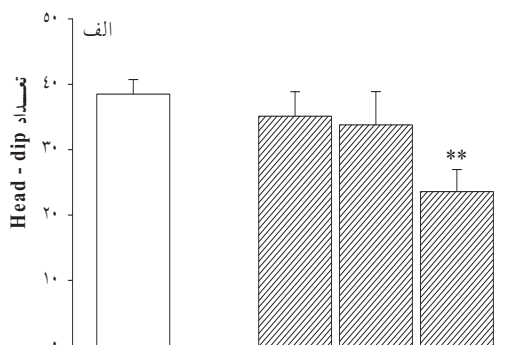


شکل شماره ۱- عکس مقطع بافتی مربوط به کانول گذاری در ناحیه CA1 (الف) و شکل شماتیک برگرفته از اطلس پاکسینوس که ناحیه CA1 در آن مشخص شده است (ب)

کاهش داده و نیز دوزهای (۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به صورت معنی‌دار فعالیت حرکتی را در مقایسه با گروه کنترل کاهش می‌دهد. در ضمن میانگین سایر گروه‌ها در دوزهای ذکر شده تفاوت معنی‌داری با همدیگر ندارند. این نتایج نشان دهنده این می‌باشد که هارمان اضطراب زا می‌باشد (نمودار شماره ۱).

#### آزمایش اول: اثر هارمان بر روی پاسخ اضطرابی

تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد که تزریق درون صفاقی هارمان تعداد head-dip ( $F_{3,36} = 14/52, P < 0/001$ ) و فعالیت حرکتی حیوان ( $F_{3,36} = 8/49, P < 0/001$ ) را کاهش می‌دهد، آزمون مکمل دونت نیز نشان داد که دوزهای (۵، ۱۰، ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به صورت معنی‌دار تعداد head-dip را



نمودار شماره ۲- اثر نیکوتین در هیپوکامپ پستی بر روی رفتار اضطرابی و فعالیت حرکتی حیوان.  $P < 0.01$  در مقایسه با گروه سالیین می‌باشد.

نمودار شماره ۱- اثر تزریق درون صفاقی هارمان بر روی رفتار اضطرابی و فعالیت حرکتی حیوان.  $P < 0.001$ ،  $P < 0.05$  در مقایسه با گروه سالیین می‌باشد.

### آزمایش سوم: اثر تزریق نیکوتین در ناحیه هیپوکامپ پستی روی پاسخ اضطرابی القاء شده با هارمان

تزریق نیکوتین به داخل ناحیه CA1 هیپوکامپ پستی در حضور هارمان (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اثر اضطراب زای هارمان را تقویت می‌نماید و تعداد head-dip را بیش از تزریق هارمان به تنهایی کاهش می‌دهد ( $F_{3,36}=6.37$ ,  $P < 0.001$ )، بدون اینکه روی فعالیت حرکتی حیوانات ( $F_{3,36}=0.61$ ,  $P < 0.05$ ) اثر معنی‌داری داشته باشد. نتایج آزمون مکمل دونت نشان داد که دوزهای (۰/۲۵، ۰/۵ میکروگرم بر موش) نیکوتین پاسخ اضطرابی القاء شده با هارمان را تقویت می‌نمایند. هم‌چنین نتایج این آزمون آماری مشخص نمود که دوزهای مختلف نیکوتین (۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ میکروگرم بر موش) در حضور هارمان (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در مقایسه با گروهی که سالیین را در حضور هارمان دریافت کرده قادر به تغییر فعالیت حرکتی حیوان نمی‌باشند (نمودار شماره ۳).

### آزمایش دوم: اثر تزریق نیکوتین در ناحیه هیپوکامپ پستی روی پاسخ اضطرابی

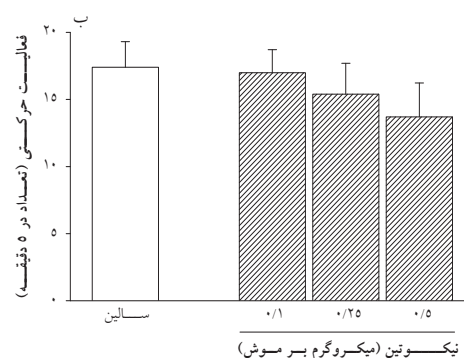
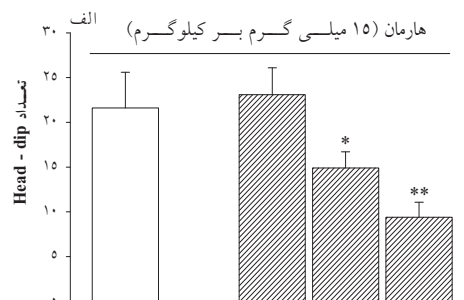
آزمون واریانس یک طرفه مشخص نمود که تزریق نیکوتین به داخل هیپوکامپ پستی تعداد head-dip ( $F_{3,36}=11.25$ ,  $P < 0.001$ ) را کاهش می‌دهد، اما در مقایسه با گروه سالیین اثری بر روی فعالیت حرکتی ( $P > 0.05$ )،  $F_{3,36}=0.84$ ) حیوان ندارد. آزمون مکمل دونت نیز مشخص نمود که این کاهش تعداد head-dip در دوز بالای نیکوتین در مقایسه با گروه سالیین از لحاظ آماری معنادار می‌باشد ( $P = 0.01$ ) ولی میانگین سایر گروه‌ها در دوزهای ذکر شده تفاوت معنادار نداشتند. به بیان دیگر هیچ‌کدام از دوزهای به کار رفته نیکوتین در این تحقیق قادر به تغییر معنی‌دار فعالیت حرکتی حیوانات نمی‌باشند. این نتایج بیان‌گر اضطراب زا بودن دوز بالای نیکوتین در ناحیه هیپوکامپ پستی می‌باشد (نمودار شماره ۲).

آزمایش چهارم: اثر مکامیلاین در حضور و عدم حضور نیکوتین بر رفتار اضطرابی

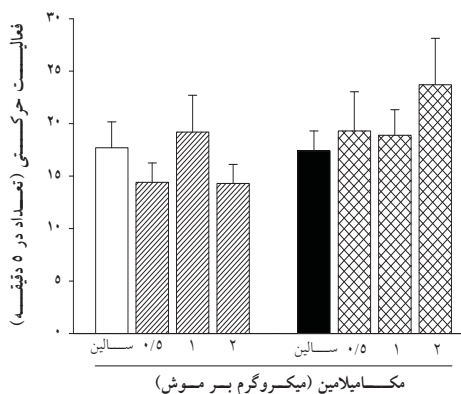
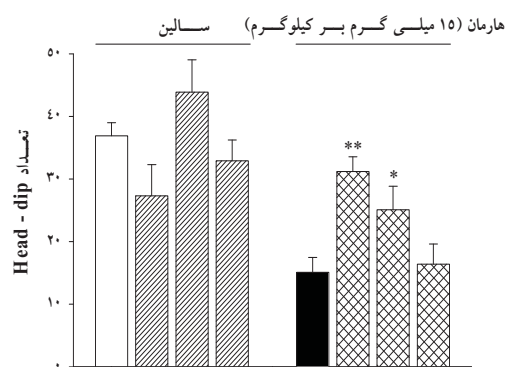
تزریق مکامیلاین به داخل ناحیه CA1 هیپوکامپ پستی به تنهایی ( $F_{3,32}=0/93, P>0/05$ ) و در حضور دوز مؤثر هارمان ( $F_{3,32}=0/67, P>0/05$ ) اثری روی پاسخ اضطرابی ندارد. هم-چنین مکامیلاین در غیاب ( $F_{3,32}=0/84, P>0/05$ ) و حضور هارمان ( $F_{3,32}=1/06, P>0/05$ ) فعالیت حرکتی را تغییر نداد. آزمون مکمل دونت نشان داد که هیچ کدام از دوزهای مکامیلاین در حضور یا عدم حضور هارمان قادر به تغییر دادن رفتار اضطرابی و فعالیت حرکتی حیوان نمی باشند (نمودار شماره ۴).

### بحث

نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان می دهد که تزریق هارمان به صورت درون صفاقی پانزده دقیقه قبل از تست اضطراب باعث القاء اضطراب می شود. اثر اضطراب زای هارمان در برخی از دوزها همراه با کاهش فعالیت حرکتی می باشد. کاهش فعالیت حرکتی مشاهده شده در این مطالعه هم سو با گزارشاتی می باشند که نشان می دهند بتا- کربولین ها می توانند باعث ایجاد لرزشی شبیه به بیماری پارکینسون شوند [۱۲]. در بیماری پارکینسون و بقیه اختلالات حرکتی که همراه با لرزش می باشند علاوه بر لرزش، انجام حرکات با دشواری انجام می گیرد که همین می تواند توجیه کننده کاهش فعالیت حرکتی جاندار باشد [۲۶]. در مورد اثرات اضطراب زای مشاهده شده در این مطالعه باید گفت که اکثر مطالعات قبلی گزارش نموده اند که هارمان به عنوان یک ترکیب ضد اضطراب و ضد افسردگی درون زاد عمل می نماید [۱۱]. این مطالعات بیان می دارند که هارمان به واسطه مهار آنزیم مونو آمین اکسیداز و به تبع آن کاهش pH درون سلولی در نورون ها اثرات ضد اضطرابی خود را اعمال می نماید [۲۷]. مشخص شده است که اسیدی شدن مختصر محیط داخل سلولی فعالیت الکتریکی نورون- های هیپوکامپ را کاهش می دهد و باعث کاهش پاسخ اضطرابی می شود [۲۸، ۲۷]. با وجود این گزارشات به نظر می رسد که پاسخ اضطرابی القاء شده توسط هارمان وابسته به دوز دارو باشد. بتا- کربولین ها میل ترکیبی زیادی به جایگاه های بنزودیازپینی در روی گیرنده های GABA<sub>A</sub> دارند و به عنوان آگونیست معکوس عمل می نمایند [۲۹]. عمل نمودن هارمان به عنوان آگونیست معکوس می تواند منجر به ایجاد پاسخ های متفاوت در مقادیر مختلف دارو شود [۲۹]؛ به همین دلیل، بسته به دوز مورد استفاده این ترکیبات می توانند دارای اثرات اضطراب زای یا ضد اضطرابی باشند. این آلکالوئیدها هم چنین به گیرنده بقیه نورترانسمیترها در مغز از جمله



نمودار شماره ۳- اثر تزریق نیکوتین به هیپوکامپ پستی در حضور هارمان روی رفتار اضطرابی و فعالیت حرکتی حیوان.  $P<0/01$ \*\*,  $P<0/05$ \* در مقایسه با گروه کنترل می باشد که ۱۵ دقیقه قبل از تست هارمان را به صورت درون صفاقی و ۵ دقیقه قبل از تست سالیین را به صورت درون مغزی دریافت کرده است.



نمودار شماره ۴- اثر تزریق مکامیلاین به هیپوکامپ پستی در حضور و غیاب هارمان روی رفتار اضطرابی و فعالیت حرکتی حیوان.

نیکوتین پاسخ اضطرابی القاء شده با هارمان را تقویت می نماید. نیکوتین و هارمان هر دو در سیگار و توتون وجود دارند و غلظت هر دو در بدن افراد سیگاری بالا می رود. گزارشاتی وجود دارند که بیان می کنند هارمان به واسطه مهار آنزیم مونوآمین اکسیداز می تواند برخی از اثرات نیکوتین را تقویت نماید. مشخص شده است که هارمان همانند نیکوتین باعث فعال شدن مسیر مزولیمبیک می شود و همین امر باعث می گردد هارمان وابستگی و اعتیاد به سیگار را افزایش دهد [۴۰، ۱۴]. از طرف دیگر مطالعات ما نشان می دهد که تزریق مکامیلاین به ناحیه هیپوکامپ پستی در دوزهای به کار رفته در این تحقیق در حضور و عدم حضور هارمان اثری بر پاسخ اضطرابی ندارد. عدم تأثیر پذیری پاسخ اضطرابی هارمان توسط مکامیلاین گویای این واقعیت مهم می باشد که هارمان اثر اضطراب زای خود را از طریق گیرنده های نیکوتینی هیپوکامپ پستی اعمال نمی نماید. با کنار هم گذاشتن دو مشاهده فوق، یعنی تقویت پاسخ اضطرابی هارمان توسط نیکوتین و عدم مهار پاسخ اضطرابی هارمان توسط آنتاگونیست گیرنده نیکوتینی می توان بیان داشت که هارمان و نیکوتین با مکانیسم های مختلف و موازی باعث القاء اضطراب می شوند و تقویت پاسخ هارمان توسط نیکوتین نشان دهنده عملکرد هارمان از طریق گیرنده های نیکوتینی نمی باشد. گزارش شده است که هارمان از طریق مهار سیستم برداشت مونوآمین ها از فضای سیناپسی، سطح نوراپی نفرین، دوپامین و سروتونین را در فضای خارج سلولی افزایش می دهد [۳۱]. نیکوتین نیز با اثر بر گیرنده های پیش سیناپسی نیکوتینی رهایش نوروترانسمیترهایی نظیر دوپامین، نوراپی نفرین، گلو تامات و استیل کولین را افزایش می دهد [۳۵]. این مشاهدات تأیید کننده نتایج به دست آمده در این مطالعه می باشند؛ چرا که مشاهده می شود نیکوتین و هارمان می توانند پاسخ های نسبتاً یکسانی را با مکانیسم های مختلف ایجاد کنند.

#### نتیجه گیری

در مجموع می توان گفت تزریق سیستمیک هارمان و تزریق درون مغزی نیکوتین به هیپوکامپ پستی اضطراب زا می باشند. به علاوه با وجود اینکه نیکوتین اثر اضطراب زایی هارمان را تقویت می کند، آنتاگونیست گیرنده نیکوتینی قادر به مهار پاسخ اضطرابی هارمان نمی باشد. این یافته بیان کننده این موضوع مهم می باشد که هارمان اثرات اضطراب زای خود را از طریق گیرنده های نیکوتینی هیپوکامپ پستی اعمال نمی نماید و تقویت پاسخ هارمان با نیکوتین توسط مسیرهای موازی صورت گرفته است؛ به عبارت دیگر اثر افزایشی مشاهده شده نتیجه این می باشد که این

سروتونین، استیل کولین و دوپامین نیز متصل می شوند [۳۰]. آلکالوئیدهای بنتا- کربولین از طریق مهار سیستم برداشت مونوآمین ها از فضای سیناپسی، سطح نوراپی نفرین، دوپامین و سروتونین را در فضای خارج سلولی افزایش می دهند [۳۱]. این ترکیبات همچنین به واسطه مهار مونوآمین اکسیداز A و B نیز سطح مونوآمین ها را افزایش می دهند [۲۹، ۱۱]. با توجه به اهمیت سیستم های فوق در پاسخ اضطرابی می توان بیان داشت که هارمان می تواند نقش مهمی در پاسخ اضطرابی داشته باشد. از طرف دیگر، نتایج این مطالعه نشان می دهد که تزریق نیکوتین به ناحیه هیپوکامپ پستی باعث القاء اضطراب می شود. به خوبی مشخص شده است که سیستم نیکوتینی استیل کولین نقش مهمی در تعدیل فعالیت نورونی دارد و می تواند رفتار اضطرابی را تحت تأثیر قرار دهد [۱۷]. مطالعات پیشین نشان می دهند که نیکوتین و سایر آگونیست های گیرنده های نیکوتینی مانند لوبیلین (Lobeline) باعث القاء اضطراب در تست ماز صلیبی شکل مرتفع می شوند [۳۲]. در مطالعات مختلف اثرات اضطراب زا، اضطراب زدا یا بی اثر بودن روی رفتار اضطرابی برای نیکوتین گزارش شده است. این تفاوت در پاسخ به نیکوتین می تواند نتیجه تفاوت در گونه، نژاد، دوز و نحوه استفاده از نیکوتین باشد [۱۷]. بعضی از مطالعات نشان می دهند نیکوتین در دوزهای پایین (۰/۱ و ۰/۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم) دارای اثرات اضطراب زدا است، در حالی که دوزهای بالای آن (۱ و ۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم) دارای اثرات اضطراب زا می باشند [۳۳]. به علاوه یافته ها نشان می دهند که نیکوتین ممکن است نقش تعدیل کننده روی عملکرد مغز داشته باشد [۳۴]. آگونیست های گیرنده های نیکوتینی می توانند با اثر بر گیرنده های نیکوتینی که در پایانه های آکسونی نورون ها قرار دارند، ورود کلسیم به پایانه آکسونی را افزایش داده و از این طریق رهایش نوروترانسمیترهای مختلف از جمله دوپامین، نوراپی نفرین، گلو تامات، گابا و استیل کولین را افزایش دهند [۳۵]. همچنین نشان داده شده است که سیستم کولینرژیک هیپوکامپ در تعدیل رفتارهای شبه اضطرابی دخیل می باشد. مدارکی وجود دارند که نشان می دهند فعال شدن سیستم کولینرژیک باعث القاء اثرات ضد اضطرابی می شود [۳۶]. بنابراین رهایش استیل کولین در پاسخ به نیکوتین نمی تواند عامل ایجاد اضطراب باشد [۳۷]. همچنین برخی مطالعات نشان می دهند که فعال شدن گیرنده های نیکوتینی باعث تعدیل بسیاری از سیستم هایی می شود که در پاسخ به استرس نقش دارند؛ از جمله این سیستم ها می توان به هورمون های استرس، مونوآمین ها و رهایش نوروترانسمیترهای کلاسیک در سرتاسر مغز اشاره نمود [۳۹، ۳۸]. همچنین نتایج این مطالعه مشخص نمود که

دو آلکالوئید از طریق مسیرهای متفاوت باعث القای پاسخ اضطرابی می‌شوند.

شناختی (تهران - ایران) که ما را انجام این پژوهش یاری نمودند. تقدیر و تشکر می‌شود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات پرسنل محترم پژوهشکده علوم

### References:

- [1] Adachi J, Mizoi Y, Naito T, Yamamoto K, Fujiwara S, Ninomiya I. Determination of beta-carbolines in foodstuffs by high-performance liquid chromatography and high-performance liquid chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr* 1991; 538(2): 331-9.
- [2] Rommelspacher H, May T, Susilo R. Beta-carbolines and tetrahydroisoquinolines: detection and function in mammals. *Planta medica* 1991; 57(7): S85-92.
- [3] Hudson AL, Gough R, Tyacke R, Lione L, Lalies M, Lewis J, et al. Novel selective compounds for the investigation of imidazoline receptors. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1999; 881: 81-91.
- [4] Freedland CS, Mansbach RS. Behavioral profile of constituents in ayahuasca, an Amazonian psychoactive plant mixture. *Drug Alcohol Depend* 1999; 54(3): 183-94.
- [5] Taylor DL, Silverman PB, Ho BT. Effects of 6-methoxytetrahydro-beta-carboline on 5-hydroxytryptamine binding in rat brain. *The Journal of pharmacy and pharmacology* 1984; 36(2): 125-7.
- [6] Pahkla R, Rago L, Callaway JJ, Airaksinen MM. Binding of pinoline on the 5-hydroxytryptamine transporter: competitive interaction with [3H] citalopram. *Pharmacology & toxicology* 1997; 80(3): 122-6.
- [7] Glennon RA, Dukat M, Grella B, Hong S, Costantino L, Teitler M, et al. Binding of beta-carbolines and related agents at serotonin (5-HT(2) and 5-HT(1A)), dopamine (D(2)) and benzodiazepine receptors. *Drug Alcohol Depend* 2000; 60(2): 121-32.
- [8] Squires PE, Hills CE, Rogers GJ, Garland P, Farley SR, Morgan NG. The putative imidazoline receptor agonist, harmaline, promotes intracellular calcium mobilisation in pancreatic beta-cells. *Eur J Pharmacol* 2004; 501(1-3): 31-9.
- [9] Davis PA, Baird-Lambert J, Taylor KM, Maclaren JA. Serotonergic activity of a novel tetrahydro beta carboline. *Biochem Pharmacol* 1979; 28(11): 1803-6.
- [10] Lutes J, Lorden JF, Beales M, Oltmans GA. Tolerance to the tremorogenic effects of harmaline: evidence for altered olivo-cerebellar function. *Neuropharmacology* 1988; 27(8):849-55.
- [11] Rommelspacher H, May T, Salewski B. Harman (1-methyl-beta-carboline) is a natural inhibitor of monoamine oxidase type A in rats. *Eur J Pharmacol* 1994; 252(1): 51-9.
- [12] Spijkerman R, van den Eijnden R, van de Mheen D, Bongers I, Fekkes D. The impact of smoking and drinking on plasma levels of norharman. *Eur Neuropsychopharmacol* 2002; 12(1): 61-71.
- [13] Arib O, Rat P, Molimard R, Chait A, Faure P, de Beaurepaire R. Electrophysiological characterization of harmaline-induced activation of mesolimbic dopamine neurons. *Eur J Pharmacol* 2010; 629(1-3): 47-52.
- [14] Schilström B, Rawal N, Mameli-Engvall M, Nomikos GG, Svensson TH. Dual effects of nicotine on dopamine neurons mediated by different nicotinic receptor subtypes. *Int J Neuropsychopharmacol* 2003; 6(1): 1-11.
- [15] Le Foll B, Goldberg SR. Effects of nicotine in experimental animals and humans: an update on addictive properties. *Handb Exp Pharmacol* 2009 (192): 335-67.
- [16] Balfour DJ. The effects of nicotine on brain neurotransmitter systems. *Pharmacol Ther* 1982; 16(2): 269-82.
- [17] Chae Y, Yeom M, Han JH, Park HJ, Hahm DH, Shim I, et al. Effect of acupuncture on anxiety-like behavior during nicotine withdrawal and relevant mechanisms. *Neurosci Lett* 2008; 430(2): 98-102.
- [18] LeDoux JE. Emotion circuits in the brain. *Annu Rev Neurosci* 2000; 23: 155-84.
- [19] Gaykema RP, Luiten PG, Nyakas C, Traber J. Cortical projection patterns of the medial septum-diagonal band complex. *J Comp Neurol* 1990; 293(1): 103-24.
- [20] Amaral DG. The primate amygdala and the neurobiology of social behavior: implications for understanding social anxiety. *Biol Psychiatry* 2002; 51(1): 11-7.
- [21] Boissier JR, Simon P. The exploration reaction in the mouse. Preliminary note. *Therapie* 1962; 17: 1225-32.
- [22] Rodriguez Echandia EL, Broitman ST, Foscolo MR. Effect of the chronic ingestion of chlorimipramine and desipramine on the hole board response to acute stresses in male rats. *Pharmacol Biochem Behav* 1987; 26(2): 207-10.
- [23] Vinade ER, Schmidt AP, Frizzo ME, Izquierdo I, Elisabetsky E, Souza DO. Chronically admin-



istered guanosine is anticonvulsant, amnesic and anxiolytic in mice. *Brain Res* 2003; 977:97-102.

[24] Nasehi M, Piri M, Nouri M, Farzin D, Nayer-Nouri T, Zarrindast MR. Involvement of dopamine D1/D2 receptors on harmaline-induced amnesia in the step-down passive avoidance test. *Eur J Pharmacol* 2010; 634(1-3): 77-83.

[25] Paxinos G, Franklin, K.B.J. The Mouse Brain in Stereotaxic Coordinates. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press; 2001.

[26] Mehta H, Saravanan KS, Mohanakumar KP. Serotonin synthesis inhibition in olivo-cerebellar system attenuates harmaline-induced tremor in Swiss albino mice. *Behav Brain Res* 2003; 145(1-2): 31-6.

[27] Bonnet U, Bingmann D, Wiemann M. Intracellular pH modulates spontaneous and epileptiform bioelectric activity of hippocampal CA3-neurons. *Eur Neuropsychopharmacol* 2000; 10(2): 97-103.

[28] Bonnet U, Leniger T, Wiemann M. Moclobemide reduces intracellular pH and neuronal activity of CA3 neurons in guinea-pig hippocampal slices implication for its neuroprotective properties. *Neuropharmacology* 2000; 39(11): 2067-74.

[29] Adell A, Biggs TA, Myers RD. Action of harmaline (1-methyl-beta-carboline) on the brain: body temperature and in vivo efflux of 5-HT from hippocampus of the rat. *Neuropharmacology* 1996; 35(8): 1101-7.

[30] Pawlik M, Rommelspacher H. Demonstration of a distinct class of high-affinity binding sites for [<sup>3</sup>H] norharman ([<sup>3</sup>H] beta-carboline) in the rat brain. *Eur J Pharmacol* 1988; 147(2): 163-71.

[31] Tella SR. Effects of monoamine reuptake inhibitors on cocaine self-administration in rats. *Pharmacol Biochem Behav* 1995; 51(4): 687-92.

[32] Brioni JD, O'Neill AB, Kim DJ, Decker MW. Nicotinic receptor agonists exhibit anxiolytic-like

effects on the elevated plus-maze test. *Eur J Pharmacol* 1993; 238(1): 1-8.

[33] Ouagazzal AM, Kenny PJ, File SE. Stimulation of nicotinic receptors in the lateral septal nucleus increases anxiety. *Eur J Neurosci* 1999; 11(11): 3957-62.

[34] Role LW, Berg DK. Nicotinic receptors in the development and modulation of CNS synapses. *Neuron* 1996; 16(6): 1077-85.

[35] O'Neill AB, Brioni JD. Benzodiazepine receptor mediation of the anxiolytic-like effect of (-)-nicotine in mice. *Pharmacol Biochem Behav* 1994; 49(3): 755-7.

[36] File SE, Gonzalez LE, Andrews N. Endogenous acetylcholine in the dorsal hippocampus reduces anxiety through actions on nicotinic and muscarinic1 receptors. *Behav Neurosci* 1998; 112(2): 352-9.

[37] Poorthuis RB, Goriounova NA, Couey JJ, Mansvelder HD. Nicotinic actions on neuronal networks for cognition: general principles and long-term consequences. *Biochem Pharmacol* 2009; 78(7): 668-76.

[38] Rodgers RJ, Nikulina EM, Cole JC. Dopamine D1 and D2 receptor ligands modulate the behaviour of mice in the elevated plus-maze. *Pharmacol Biochem Behav* 1994; 49(4): 985-95.

[39] Tizabi Y, Copeland RL, Jr, Louis VA, Taylor RE. Effects of combined systemic alcohol and central nicotine administration into ventral tegmental area on dopamine release in the nucleus accumbens. *Alcohol Clin Exp Res* 2002; 26(3): 394-9.

[40] Erhardt S, Schwieler L, Engberg G. Excitatory and inhibitory responses of dopamine neurons in the ventral tegmental area to nicotine. *Synapse* 2002; 43(4): 227-37.