

## تأثیر هارمالین بر تشنجات ناشی از کیندلینگ الکتریکی آمیگدال در موش صحرایی

اعظم آل نجف<sup>۱</sup>، مسعود فریدونی<sup>۲</sup>، علی مقیمی<sup>۳</sup>، احسان محبی<sup>۳</sup>، محمد محمدزاده<sup>۴\*</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

<sup>۲</sup>دانشیار فیزیولوژی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

<sup>۳</sup>دانشجوی علوم آزمایشگاهی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

<sup>۴</sup>استادیار فیزیولوژی، مرکز تحقیقات سلولی مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

\*نویسنده مسئول: استادیار گروه فیزیولوژی فارماکولوژی و مرکز تحقیقات سلولی مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار

پست الکترونیک: mohamadzadehm@medsab.ac.ir

### چکیده

**زمینه و هدف:** هارمالین یکی از بتا کریولین های موجود در گیاه اسپند (*Peganumharmala*) می باشد. **واژه کلیدی:** هارمالین و دیگر بتا کریولینها برای گیرنده های *GABA-A* به عنوان آگونیست معکوس عمل می کنند و باعث القا اضطراب و تحریک سیستم مرکزی عصبی می شوند. از اینرو، هدف از این تحقیق بررسی نقش هارمالین بر تشنجات ناشی از کیندلینگ الکتریکی آمیگدال می باشد.

**مواد و روش کار:** در این مطالعه تجربی، ۳ گروه از موش های صحرایی نر (۱۸ سر) پس از جراحی استرئوتاکسیک با تحریکات الکتریکی روزانه آمیگدال کیندل شدند. به گروه های یک تا سه پس از کیندل شدن به ترتیب هارمالین با دوزهای ۵، ۱۵ و ۵۰ mg/kg، داخل صفاقی تزریق شد. مدت زمان امواج تخلیه متعاقب؛ (*Afterdischarge duration; ADD*)، مدت زمان تأخیر بین شروع تحریک تا شروع مرحله ۲ تشنج (*Stage 2 latency; S<sub>2</sub>L*)، مدت زمان تأخیری بین تحریک تا شروع مرحله ۴ تشنج؛ (*Stage 4 Latency; S<sub>4</sub>L*) و مدت زمان مرحله پنج تشنج (*Stage 5 Duration; S5D*) روز تزریق هارمالین نسبت به ۲۴ ساعت قبل (که سالیان دریافت کرده بودند) مقایسه شد.

**یافته ها:** هارمالین در هر سه گروه کمیتهای *S<sub>2</sub>L* و *S<sub>4</sub>L* را کاهش و کمیتهای *ADD* و *S<sub>5</sub>D* را افزایش داد. در گروه دوم (هارمالین ۱۵mg/kg) کمیت *ADD* بطور معنی داری افزایش یافت ( $P < 0.05$ ).

**نتیجه گیری:** نتایج نشان داد که هارمالین پیش برنده تشنج است و ممکن است به واسطه تحریک گیرنده های *NMDA* و یا مهار گیرنده های *GABA* و یا هر نوع مکانیسم تحریکی باعث افزایش فعالیت نورونها و تولید پتانسیل عمل های با فرکانس بالا شود.

### مقدمه

صرع بعد از سکتته های مغزی، شایعترین اختلال است [۱] به دلیل وجود بیش از ۴۰ نوع مخ

ضد تشنجی گیاهان در حال انجام است، یکی از این موارد گیاه اسپند است

Peganumharmala در ایران با نام اسپند شناخته شده است. این گیاه بومی مناطق خشک می باشد. دانه های این گیاه غنی از کربوهیدرات، لیپید، پروتئین، املاح معدنی، آلکالوئیدها و اسیدهای آمینه می باشد. از اثرات شناخته شده اسپند می توان به خواص ضد باکتریایی، ضد قارچی، محرک سیستم عصبی و اضطراب زایی آن اشاره کرد. آلکالوئیدهای دانه اسپند که در صنعت و پزشکی دارای اهمیت فراوانی می باشند شامل هارمین، هارمالول، هارمالین، هارمن، و نورهارمان می باشد [۱۱].

هارمالین که یکی از بتاکربولینهای موجود در گیاه اسپند می باشد اثرات مهمی بر بدن و به خصوص سیستم عصبی دارد. از مهمترین اثرات شناخته شده هارمالین القای اضطراب و ترمور (لرزش) می باشد [۱۲]. در سطح سیناپسها این ترکیب باعث افزایش نوروترانسمیترهای همچون سروتونین و نوراپی نفرین می شود [۱۳]. برخی تحقیقات به اثرات تشنج زایی هارمالین اشاراتی داشته اند [۱۴، ۱۵]. با وجود آنکه ترکیبات مذکور احتمالاً عمل حفاظت نورونی را نیز باعث می شوند [۱۶]، می توانند اثرات ضد تشنجی هم داشته باشند.

با توجه به اینکه در رابطه با اثر هارمالین بر تشنجات ناشی از مدل های آزمایشگاهی صرع مستند علمی زیادی وجود ندارد. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر هارمالین به عنوان یکی از آلکالوئیدهای گیاه اسپند بر گسترش تشنج های ناشی از کیندلینگ آمیگدال است.

## روش کار

در این تحقیق از موشهای صحرایی نر در محدوده وزنی ۲۸۰ تا ۳۲۰ گرم استفاد شد. برای بیهوش کردن موش های صحرایی نر از کتامین (۱۰۰mg/kg) و رامپون (۲۰mg/kg) به صورت تزریق داخل صفاقی استفاده شد [۱۷]. پس از کوتاه کردن موهای سر، حیوان در دستگاه استریوتاکسی قرار می گرفت. با استفاده از تیغ جراحی شکافی در امتداد بخش میانی پوست سر روی جمجمه ایجاد می گردید. سپس پوست محل بریدگی به دو طرف کنار زده می شد. با انجام این کار و تمیز کردن سطح جمجمه، محل برگما بر روی جمجمه مشخص می شود.

سندرم های مرتبط، بررسی علل ایجاد آن و مقابله با چگونگی ایجاد این اختلال و توسعه ابزارها و روش های مختلفی و عدم درمان قطعی بیماران صرعی تحقیقات زیادی در این زمینه در حال انجام است [۲].

در این راستا از مدل های آزمایشگاهی ایجاد صرع و تشنج استفاده می شود. کیندلینگ یکی از بهترین مدل ها برای ایجاد تشنج بصورت مزمن می باشد [۳] در این مدل، حیوان آزمایشگاهی توسط محرک ضعیفی که در ابتدا قادر به ایجاد تشنج نمی باشد. بصورت مکرر و در فواصل زمانی مشخص تحریک می شود و سرانجام این تحریکات باعث ایجاد تشنج کامل حرکتی می شوند. تشنجهایی که با استفاده از این مدل ایجاد می شود مشابه رایج ترین نوع تشنج در انسان یعنی تشنج های پیچیده موضعی می باشند. این نوع صرع غالباً از لوب گیجگاهی و بویژه سیستم لیمبیک منشا می گیرد [۴]. در میان بخشهای مختلف سیستم لیمبیک و ساختارهای مرتبط، آمیگدال با تعداد تحریکات کمتری کیندل می شود. گزارشات موجود نشان می دهد که آمیگدال در زمینه تولید، گسترش و تداوم حملات تشنجی نقش مهمی دارد [۵]. با استفاده از این مدل می توان نحوه ارتباط و عملکرد متقابل نواحی مختلف مغز را به هنگام تشنج و نیز تاثیر داروها و مواد شیمیایی مختلف را بر فعالیت آنها مورد بررسی قرار داد [۶].

به رغم استفاده مطلوب از روشهای مدرن و پیشرفته، بیشتر از ۳۰ درصد مبتلایان به صرع هرگز از روش درمان با دارو های ضد صرع بهبود نمی یابند. عوارض ناشی از سمیت داروهای ضد صرع متداول، محدودیت مصرف این دارو ها از دیگر دلایل تحقیق در رابطه با یافتن داروهای جدید و عوامل مداخله گر می باشد [۷]. در دو دهه اخیر محققان زیادی بازنگری داروهای با سر منشا طبیعی را مورد بررسی قرار داده اند. به طوری که گزارشات زیادی از اثرات ضد تشنجی عصاره های گیاهان مختلف (مثل گیاه اسطوخودوس [۸] و آنغوزه [۹] و شوید [۱۰])، منتشر شده است. در مقابل بعضی از گیاهان نیز ممکن است که دارای ترکیباتی باشند که نه تنها در درمان صرع موثر نباشند بلکه باعث پیشرفت تشنج شوند. از این رو تحقیقات زیادی برای مشخص کردن خواص تشنج زایی یا

کمیت‌های تشنجی مورد ثبت پس از هر بار تحریک حیوان به شرح زیر می‌باشند:

- ۱- مدت زمان (Afterdischarge duration; ADD) امواج تخلیه متعاقب
- ۲- مدت زمان تأخیر بین شروع تحریک الکتریکی تا شروع مرحله ۱ تشنج ( $S_1L$ : Stage 1 latency)
- ۳- مدت زمان تأخیر بین شروع تحریک الکتریکی تا شروع مرحله ۲ تشنج ( $S_2L$ : Stage 2 latency)
- ۴- مدت زمان تأخیری بین تحریک الکتریکی تا شروع مرحله ۴ تشنج ( $S_4L$ : Stage 4 Latency)
- ۵- مدت زمان مرحله پنج تشنج ( $S_5D$ : Stage 5 Duration)

۶- مدت زمان حمله تشنج (Seizure Duration; SD) گروه‌های آزمایشی: برای بررسی نقش هارمالین (خریداری شده از شرکت سیگما) بر تشنجات ناشی از کیندلینگ آمیگدال، حیوانات به ترتیب زیر به سه گروه تقسیم شدند:

گروه اول: حیوانات تا کیندل شدن تحریک داده شدند. بدین معنی که تحریک تا زمان تثبیت کمیتهای تشنجی ادامه می‌یافت (با تکرار تحریکها از روز اول به بعد ADD و  $S_5D$  افزایش و  $S_2L$  و  $S_4L$  کاهش می‌یابد). بیست و چهار ساعت پس از تثبیت کمیتهای تشنجی، سالین استریل ( $10\text{ml/kg}$ ) تزریق و ۳۰ دقیقه پس از آن تحریکات کیندلینگ اعمال می‌شد و کمیتهای تشنجی ثبت می‌شد. پس از ۲۴ ساعت به همین حیوانات هارمالین ( $5\text{mg/kg}$ ) تزریق داخل صفاقی شده و ۳۰ دقیقه پس از آن تحریکات کیندلینگ اعمال می‌شد و کمیتهای تشنجی ثبت می‌شد.

گروه دوم: تمامی مراحل کار در این گروه مشابه گروه اول است به استثنای اینکه هارمالین با دوز  $15\text{mg/kg}$  تزریق داخل صفاقی شده و ۳۰ دقیقه پس از آن تحریکات کیندلینگ اعمال می‌شد و کمیتهای تشنجی ثبت می‌شد.

گروه سوم: تمامی مراحل کار در این گروه مشابه گروه اول است به استثنای اینکه هارمالین با دوز  $50\text{mg/kg}$  تزریق داخل صفاقی شده و ۳۰ دقیقه پس از آن تحریکات کیندلینگ اعمال می‌شد و کمیتهای تشنجی ثبت می‌شد.

بر اساس اطلس پاکسینوس [۱۸]، مختصات محل کارگذاری الکتروود بطور یکطرفه در هسته‌های قاعده‌ای جانبی آمیگدال سمت چپ مشخص می‌گردید. مختصات آمیگدال در سطح جمجمه نسبت به برگما (بر حسب میلی‌متر:  $AP = -2/5$  و  $L = 4/8$  و  $V = 7/5$  نسبت به سخت‌شامه) می‌باشد.

پس از تعیین دقیق نقطه فوق، الکتروود سه قطبی در محل مخصوص به خود قرار داده می‌شد و توسط سیمان دندانپزشکی در آن محل محکم می‌گردید. دو الکتروود تک قطبی نیز توسط پیچ‌های متصل به آنها به سطح جمجمه محکم می‌شدند. پس از قرار دادن الکتروودها، پینه‌های متصل به آنها در داخل مادگی سوکت مخابراتی قرار داده می‌شد و سوکت توسط سیمان دندانپزشکی بر روی سر حیوان متصل می‌گردید.

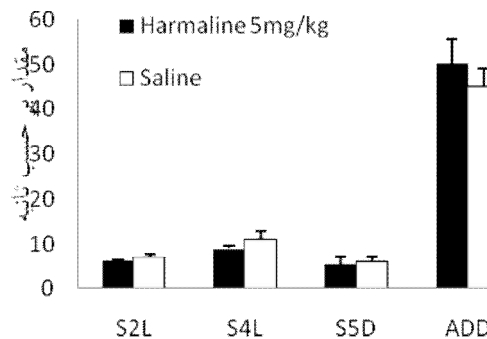
حداقل یک هفته بعد از جراحی، از شدت آستانه به منظور تحریک دادن استفاده می‌شد. برای به دست آوردن شدت آستانه، ابتدا حیوان مورد نظر توسط جریانی به شدت ۱۰ میکروآمپر تحریک می‌گردید. اگر امواج تخلیه متعاقب حداقل به مدت ۵ ثانیه ثبت می‌شدند، این شدت جریان به عنوان شدت جریان آستانه شناخته می‌شد. در غیر این صورت، شدت جریان ۱۰ میکروآمپر هر بار به فواصل پنج دقیقه افزایش داده می‌شد تا وقتی که امواج تخلیه متعاقب ثبت گردد. سپس حیوانات با این شدت جریان آستانه روزانه دو بار با فاصله زمانی حداقل ۶ ساعت تحریک می‌شدند، تا مراحل مختلف تشنج را نشان داده و کیندل شوند [۱۹].

با ادامه تدریجی تحریکها همزمان با ثبت امواج تخلیه متعاقب، علائم رفتاری نیز قابل مشاهده می‌باشند. Racine در سال ۱۹۷۲، این پاسخهای رفتاری را به پنج مرحله تقسیم کرد ۱- حرکات دهان و صورت (مرحله اول) ۲- تکان دادن سر به طرف بالا و پایین (مرحله دوم) ۳- کلونوس یک اندام جلویی که در سمت مخالف ناحیه تحریک شده می‌باشد (مرحله سوم) ۴- ایستادن روی دو پای عقب همراه با کلونوس دو اندام جلویی (مرحله چهارم) ۵- ایستادن روی دویا، ازدست دادن تعادل و به زمین خوردن (مرحله پنجم) [۲۰].

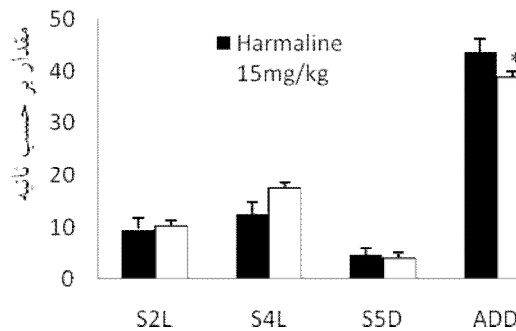
در این تحقیق سی دقیقه پس از تزریق داخل صفاقی هارمالین (با غلظت‌های ۵، ۱۵ و ۵۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم حیوان) تحریک کیندلینگ به هر موش اعمال می شد و کمیت‌های تشنجی ثبت شده نسبت به روز قبل که حلال هارمالین (سالین) دریافت کرده بودند مقایسه شد.

اثر تزریق داخل صفاقی هارمالین با غلظت ۵ mg/kg بر کمیت‌های تشنجی: هارمالین در این غلظت منجر به کاهش کمیت‌های S<sub>2</sub>L و S<sub>4</sub>L و افزایش S<sub>5</sub>D نسبت به زمان تزریق سالین شد. اما این تغییرات از لحاظ آماری معنی دار نبود. همچنین هارمالین با این غلظت کمیت ADD را نیز افزایش داد (شکل ۱).

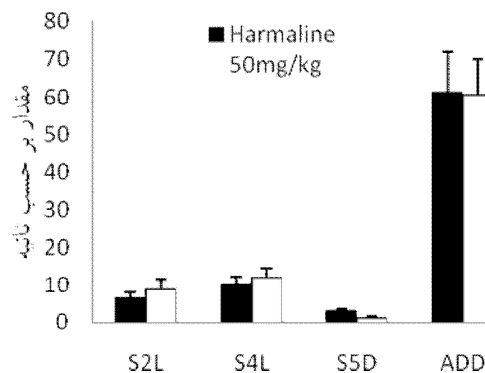
روش تجزیه و تحلیل داده ها: میانگین داده های حاصل از آزمایشات به صورت Mean ± SEM با حداقل n=۶ ارائه شده اند، معنی داری اثر غلظت های مختلف تیمار ها با آزمون ANOVA یک طرفه و با استفاده از نرم افزار Graphpad Prism5 و به دنبال آن معنی داری تفاوت بین میانگین ها نیز از پس آزمون Tukey و با حداقل سطح P < ۰/۰۵ برآورد شده اند. در مورد شاخص SS (seizure stages) از آزمون Mann-Whitney استفاده شد. نمودار ها نیز با استفاده از نرم افزار آماری Excel رسم شده اند.



شکل ۱: اثر تزریق داخل صفاقی هارمالین (۵mg/kg) بر کمیت‌های تشنجی مدت زمان امواج تخلیه متعاقب (ADD)، مدت زمان تأخیری تا شروع مرحله ۲ تشنج (S<sub>2</sub>L)، مدت زمان تأخیری تا شروع مرحله ۴ تشنج (S<sub>4</sub>L) و مدت زمان مرحله ۵ تشنج (S<sub>5</sub>D). (n=۶)



شکل ۲: اثر تزریق داخل صفاقی هارمالین (۱۵mg/kg) بر کمیت‌های تشنجی مدت زمان امواج تخلیه متعاقب (ADD)، مدت زمان تأخیری تا شروع مرحله ۲ تشنج (S<sub>2</sub>L)، مدت زمان تأخیری تا شروع مرحله ۴ تشنج (S<sub>4</sub>L) و مدت زمان مرحله ۵ تشنج (S<sub>5</sub>D). \* نشان دهنده P < ۰/۰۵ در مقایسه با زمان تزریق سالین می باشد (n=۶)



شکل ۳: اثر تزریق داخل صفاقی هارمالین (۵۰ mg/kg) بر کمیتهای تشنجی مدت زمان امواج تخلیه متعاقب (ADD)، مدت زمان تأخیری تا شروع مرحله ۲ تشنج (S<sub>2</sub>L)، مدت زمان تأخیری تا شروع مرحله ۴ تشنج (S<sub>4</sub>L) و مدت زمان مرحله ۵ تشنج (S<sub>5</sub>D) (n=۶).

حیوانات آزمایشگاهی (موش صحرایی و خرگوش) بوسیله گان<sup>۱</sup> (1930) و همکارانش انجام شد. نتایج آن تحقیق نشان داد که هارمالین موجب ایجاد لرزش (ترمور)، رفتار تهییجی و تحریکی می شود [۲۱].

شواهد و تحقیقات بسیاری ثابت کرده اند که هارمالین نقش مهم و کلیدی در ایجاد ترمور در مبتلایان به بیماری پارکینسون بر عهده دارد [۲۲]. هارمالین با مهار مونوآمین اکسیداز، غلظت آمین های مثل نور اپی نفرین، سرتونین و دوپامین را در سیناپس های عصبی مغز موش صحرایی افزایش می دهد. از آنجایی که این انزیم عامل اصلی در تخریب و باز جذب مونوآمین ها می باشد هارمالین با مهار این آنزیم اثر ضد افسردگی القا می کند [۱۳]. هارمالین با اثر بر کانال های کلسیمی وابسته به ولتاژ Ica<sub>v</sub> در نورونها و تعدیل و کاهش آستانه فعال سازی آنها، علاوه بر افزایش سرعت فایرینگ نورونها، نقش محافظت نورونی نیز انجام می دهد بنابراین هارمالین هم دارای اثرات تحریکی و هم محافظتی برای نورونها می باشد [۲۳].

بررسی فعالیت الکتریکی امواج مغزی (EEG) در موش صحرایی نشان داده است که اثر هارمالین علاوه بر ایجاد ترمور افزایش فرکانس و ولتاژ EEG را نیز باعث می شود. افزایش در فرکانس و ولتاژ EEG در طی ترمورهای ناشی

اثر تزریق داخل صفاقی هارمالین با غلظت ۱۵ mg/kg بر کمیتهای تشنجی: هارمالین در این غلظت منجر به کاهش کمیتهای S<sub>2</sub>L و S<sub>4</sub>L و افزایش S<sub>5</sub>D نسبت به زمان تزریق سالیین شد اما این تغییرات از لحاظ آماری معنی دار نبود. همچنین هارمالین با این غلظت در کمیت ADD افزایش معنی داری (P<۰/۰۵) ایجاد کرد (شکل ۲).

اثر تزریق داخل صفاقی هارمالین با غلظت ۵۰ mg/kg بر کمیتهای تشنجی: هارمالین در این غلظت منجر به کاهش کمیتهای S<sub>2</sub>L و S<sub>4</sub>L و افزایش S<sub>5</sub>D نسبت به زمان تزریق سالیین شد اما این تغییرات از لحاظ آماری معنی دار نبود. همچنین هارمالین با این غلظت باعث افزایش کمیت ADD به طور غیر معنی داری شد (شکل ۳).

## بحث

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که هارمالین شدت تشنجات ناشی از کیندلینگ آمیگدال را افزایش می دهد به طوری که تزریق هارمالین در موش های کیندل شده، افزایش کمیت رفتاری S<sub>5</sub>D و الکتروفیزیولوژیک ADD را به همراه داشت. هارمالین یکی از بتا کربولینهای موجود در گیاه اسپند می باشد که اثرات مهمی بر بدن و به خصوص سیستم عصبی دارد [۱۳] اولین مطالعه سیستمیک تاثیرات هارمالین و دیگر بتا کربولینها روی

اتصال GABA را اشغال و از واکنش های GABA جلوگیری می‌کند [۳۰]. در همین راستا مشاهده شده است که هارمالین به صورت Inverse agonist محل اتصال بنزودیازپین‌ها روی گیرنده GABA عمل می‌کند. هارمالین با اتصال به جایگاه بنزودیازپین‌ها در کمپلکس گیرنده GABA-BZ (گابا-بنزودیازپین)، سبب اثرات معکوس بنزودیازپین‌ها مثل القا اضطراب و تحریک CNS می‌شود [۳۱].

ترکیبات و داروهای ضد تشنجی مثل والپروات، کاربامازپین، لاکوزامید و پیریمیدون ترمورهای ناشی از هارمالین را تضعیف می‌کنند. مکانیسم عمل داروهای ضد تشنج شامل اثرات مختلف روی چندین سیستم نوروترانسمیتری می‌باشد که مهمترین تاثیر دارویی آنها، افزایش سیگنالینگ گابا آرژیک [۲۸] و کم شدن سیگنالینگ گلوتاماتی (آیونوتروپیک) می‌باشد [۳۲-۳۴]. مشاهده شده است که سیستم عصبی مرکزی در پاسخ به عفونتهای سیستمیک یا داخل مغزی و آسیب‌های مغزی واکنش‌های ایمنی سازماندهی شده‌ای را القا می‌کند. به عنوان مثال دیده شده است که بلافاصله به دنبال ایسکمی، تروما و آسیب سلولی (ناشی از تحریک بیش از حد) تولید پروستا گلاندین‌ها و سایتوکاین‌های پیش‌برنده التهاب همچون اینترلوکین ۱ بتا، فاکتور گسترش دهنده تومور (TNF- $\alpha$ ) و اینترلوکین ۶ افزایش می‌یابد [۳۵].

پس از ایجاد کیندلینگ آمیگدال در موشهای صحرایی نیز مقدار اینترلوکین ۱ بتا و TNF- $\alpha$  افزایش می‌یابد [۳۶]. به نظر می‌رسد واسطه‌های التهابی، از یک طرف با افزایش انتقال گلوتامات آرژیک [۳۷]، و از طرفی دیگر با کاهش مقدار نوروترانسمیتر GABA و در نهایت مهار انتقال گابا آرژیک [۳۸]، به عنوان پیش‌برنده تشنج عمل می‌کنند.

در نتایج حاصل از مشخص شده است که اثرات تشنج آور هارمالین به وضوح قابل مشاهده و ثبت نبود که احتمالاً این عمل می‌تواند به دلیل اثرات ضد التهابی هارمالین باشد. هارمالین با مهار بعضی از واسطه‌های التهابی نظیر پروستاگلاندین‌ها (PGE<sub>2</sub>) و فاکتور نکروزیس تومور (TNF- $\alpha$ ) این اثر را اعمال می‌کند و در نتیجه از بروز التهاب و به دنبال آن تشنج جلوگیری می‌کند. زیرا

از هارمالین در بیماران مبتلا به پارکینسون، فرایندی است که در طی حمله‌های تشنجی در بیماران مبتلا به صرع نیز روی می‌دهد [۲۴].

شواهد بسیاری در دست است که نشان‌دهنده ارتباط نزدیک و تنگاتنگ بین مکانیسم‌های دخیل در ترمورهای ناشی از هارمالین و مکانیسم‌های دخیل در ایجاد تشنج (پس از تزریق هارمالین) می‌باشد. پس می‌توان با بررسی مکانیسم‌های تولید ترمورهای ناشی از هارمالین، تا حدودی با مکانیسم‌هایی که به واسطه آن هارمالین منجر به تولید تشنج می‌شود، نیز پی برد. به عنوان مثال Croucher, (1982) نشان داد که افزایش فعالیت گیرنده-های NMDA نقش مهمی در پاتوفیزیولوژی تعدادی از بیماریهای عصبی مثل پارکینسون و صرع دارد [۲۵].

گیرنده‌های NMDA شامل کانال‌های دریچه دار وابسته به لیگاندی هستند که نفوذ پذیری زیادی به یونهای کلسیم (Ca<sup>2+</sup>) دارند. هارمالین با افزایش تشکیل cGMP و باز کردن کانال‌های کلسیمی گیرنده‌های NMDA باعث اثرات تحریکی (فعالیت ریتیمیک و همزمان) نورونها می‌شود در نتیجه هارمالین با افزایش فعالیت نورونها در زیتون تحتانی منجر به ترمور می‌شود [۲۶، ۲۵]. به همین دلیل آنتاگونیستهای گیرنده NMDA مثل CGS19755) علاوه بر خاصیت ضد تشنجی، ترمورهای ناشی از هارمالین را نیز مهار می‌کند [۲۷].

گزارش شده است که علاوه بر فعال سازی همزمان مسیر زیتونی-مخچه‌ای و آزادی گلوتامات در مخچه و اثر بر گیرنده‌های NMDA و AMPA علت اصلی و اولیه در ایجاد ترمورهای ناشی از هارمالین [۲۶] سیستم‌های GABA آرژیک، دوپامین آرژیک، سرتونرژیک، و نورآدرنرژیک هم نقش دارند [۲۸]. همچنین فعالیت افزایش یافته CNS به صورت شیمیایی، تشنجهایی را القا می‌کند که نه تنها به دلیل تاثیر هارمالین بر گیرنده NMDA است، بلکه به دلیل تغییر در خصوصیات گیرنده‌های GABA نیز می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که آگونیست گیرنده‌های GABA، ترمورهای ناشی از هارمالین را نیز تضعیف می‌کند [۲۹]. مشاهده شده است که هارمالین با غلظت ۰/۵mM بیش از ۹۰ درصد از گیرنده‌های GABA را مهار می‌کند. هارمالین جایگاه

همانطور که ذکر شد عوامل التهاب زا در مغز زمینه را برای بروز تشنج مهیا می کنند. آثار الکتروفیزیولوژیک هارمالین با دوزهای ۵۰، ۱۵ و ۵ (در گروه های کاملاً کیندل شده) به شکل افزایش در ADD آمیگدال دیده شد. این افزایش ADD فقط در دوز ۱۵mg/kg معنادار شد. ADD نشانگر فعالیت مدارهای موضعی در ناحیه ثبت است که به خاصیت ذاتی نورون ها و مدارهای آن ناحیه بستگی دارد [۳۹]. با توجه به اینکه هارمالین به واسطه تحریک گیرنده های NMDA و مهار گیرنده های GABA باعث افزایش فعالیت نورونها و تولید پتانسیل عمل های با فرکانس بالا می شود افزایش ADD پس از تزریق هارمالین در این مطالعه قابل انتظار می باشد.

در مطالعه حاضر، همچنین نشان داده شد که تزریق هارمالین مرحله S<sub>4</sub>L را کوتاه تر می کند. به عبارت دیگر هارمالین مرحله عمومی شدن تشنج را در کیندلینگ آمیگدال کوتاه تر کرده است. از آنجایی که S<sub>4</sub>L شاخص سرعت عمومی شدن حملات تشنجی است و مربوط به درگیر شدن مدارهای ساقه مغز است که منجر به عمومی شدن تشنج می شود. از طرفی تزریق هارمالین به داخل صفاق S<sub>5</sub>D را نیز افزایش داد. این نشان می دهد که طول مدت حملات تونیک - کلونیک پس از تزریق هارمالین به دلیل خاصیت تشنج زایی این ترکیب شیمیایی، افزایش می یابد.

### نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر هارمالین (به عنوان یکی از ترکیبات گیاه اسپند) به عنوان پیش برنده تشنج و تشدید کننده حملات معرفی می شود.

### تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت مالی مرکز تحقیقات سلولی مولکولی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار (کد طرح: ۳۹۳۰۱۰۱۶۰) و گروه زیست شناسی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفته است.



## References

1. Banerjee PN, Filippi D, Hauser WA, The descriptive epidemiology of epilepsy, *Epilepsy Res.* 2009; 85:31-45.
2. Goddard G, McIntyre D, A permanent change in brain function resulting from daily electrical stimulation, *Exp Neurol*, 1969; 25(3): 295-330.
3. Kraus J, Sensitization phenomena in psychiatric illness lessons from the kindling model, *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 2000; 12(3): 328-343.
4. Ure, JA and M. Perassolo, Update on the pathophysiology of the epilepsies, *J Neurol Sci*, 2000; 177(1): 1-17.
5. Pan Y, Liu G, Fang M, "et al", Abnormal expression of netrin-G2 in temporal lobe epilepsy neurons in humans and a rat model, *Exp Neurol*, 2010; 224(2):340-6.
6. Kim H, Jee EH, Ahn KS, "et al", Identification of marker compounds in herbal drugs on TLC with DART-MS, *Arch Pharmacol Res*, 2010; 33(9): 1355-1359.
7. Salah S, Jäger A, Screening of traditionally used Lebanese herbs for neurological activities, *J Ethnopharmacol*, 2005; 97(1): 145-149.
8. Achliya G, Wadodkar S, Dorle A, Evaluation of sedative and anticonvulsant activities of Unmadnashak Ghrita, *J Ethnopharmacol*, 2004; 94(1): 77-83.
9. Arash A, Mohammad MZ, Jamal MS, "et al", Effects of the Aqueous Extract of Anethum graveolens Leaves on Seizure Induced by Pentylentetrazole in Mice, *Malays J Med Sci*. 2013; 20(5):23-30 [Persian].
10. Mahmoudian M, Jalipour H, Dardashti PS, Toxicity of Peganum harmala: review and a case report, *Iran J Pharmacol Ther*. 2002; 1(1): 1-4 [Persian].
11. Shourmasti FR, Goudarzi I, Abrari K, "et al", Riluzole Ameliorates Harmaline-induced Tremor in Rat, *Basic Clin Neurosci*, 2014; 5(2):138-43 [Persian].
12. Rommelspacher H, Meier-Henco M, Smolka M, "et al", The levels of norharman are high enough after smoking to affect monoamineoxidase B in platelets, *Eur J Pharmacol*, 2002; 441(1-2):115-25.
13. Verheij R, Timmerman L, Passchier J, "et al", Trait anxiety, coping with stress, and norharman, *Psychol Rep*, 1997; 80(1):51-9.
14. Vaezi G, Naseirzadeh F, The Effect of Synchronus Intraperitoneal Injection of Harmaline and PTZ on Serotonergic and Gabaergic Pathways and Seizure Threshold in NMRI Male Mice, *Journal of Animal Biology*, 2011; 3(1): 61-73 [Persian]
15. Lee CS, Han ES, Jang YY, "et al", Protective Effect of Harmalol and Harmaline on MPTP Neurotoxicity in the Mouse and Dopamine-Induced Damage of Brain Mitochondria and PC12 Cells. *J Neurochem*, 2000; 75(2): 521-531.
16. Gurbanova AA, Aker RG, Sirvanci S, "et al", Intra-amygdaloid injection of kainic acid in rats with genetic absence epilepsy: the relationship of typical absence epilepsy and temporal lobe epilepsy, *Journal of neuroscience methods*, 2008; 28(31):7828-36.
17. Paxinos G, Watson CR, Emson PC, AChE-stained horizontal sections of the rat brain in stereotaxic coordinates, *J Neurosci Methods*, 1980; 3(2):129-49.
18. Shindo A, Nakamura T, Matsumoto Y, "et al", Seizure suppression in amygdala-kindled mice by transplantation of neural stem/progenitor cells derived from mouse embryonic stem cells, *Neurologia medico-chirurgica*, 2010; 50(2):98-105
19. Beheshti Nasr SM, Moghimi A, Mohammad-Zadeh M, "et al", The effect of minocycline on seizures induced by amygdala kindling in rats, *Seizure*, 2013; 22(8): 670-4 [Persian].
20. Gunn JA, Relations between chemical constitution, pharmacological actions and therapeutic uses, in the harmine group of alkaloids, *Arch Intern Pharmacodyn*, 1935; 50: 379-396.
21. Degen J, Meier C, Van Der Giessen RS, "et al", Expression pattern of lacZ reporter gene representing connexin36 in transgenic mice, *J Comp Neurol*, 2004; 473:511-525
22. Herraiz T, Guillén H, Inhibition of the bioactivation of the neurotoxin MPTP by antioxidants, redox agents and monoamine oxidase inhibitors, *Food Chem Toxicol*, 2011; 49:1773-81.

23. Brailowsky S, Walter S, Indole alkaloids induction of tremors: effect on photosensible epilepsy in Papiopapio, C R Seances Soc Biol Fil., 1975;169(5): 1190-3.
24. Du, W, Harvey J, Harmaline-induced tremor and impairment of learning are both blocked by dizocilpine in the rabbit, Brain Res, 1997;745(1-2):183-8.
25. Paterson NE, Malekiani SA, Foreman MM, "et al", Hanania Pharmacological characterization of harmaline-induced tremor activity in mice, Eur J Pharmacol, 2009; 616:73-80.
26. Lehmann J, Chapman AG, Meldrum BS, "et al", CGS 19755 is a potent and competitive antagonist at NMDA-type receptors, Eur J Pharmacol, 1988 ;154(1):89-93.
27. 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;145:31-6.
28. Tariq M, Arshaduddin M, Biary N, "et al", Baclofen attenuates harmaline induced tremors in rats, Neurosci lett. 2001; 312:79-82.
29. Iversen LL, Neal MJ, The uptake of [3H]GABA by slices of rat cerebral cortex, Journal of Neurochemistry, 1968;15,1141-1149.
30. Lista A, Blier P, De Montigny C, In vivo presynaptic modulation of serotonergic neurotransmission in the rat hippocampus by diazepam, Eur J Pharmacol , 1989;171,229-231
31. Ahmad S, Fowler L, Whitton P , Effects of combined lamotrigine and valproate on basal and stimulated extracellular amino acids and monoamines in the hippocampus of freely moving rats, Naunyn-Schmiedeberg's Arch Pharmacol, 2005;371,1-8.
32. Sitges M, Guarneros A, Nekrassov V, Effects of carbamazepine, phenytoin, valproic acid, oxcarbazepine, lamotrigine, topiramate and vinpocetine on the presynaptic Ca<sup>2+</sup> channel-mediated release of [3H]glutamate: comparison with the Na<sup>+</sup> channel-mediated release, Neuropharmacol, 2007; 53, 854-862.
33. Golmohammadi R, Pejhan A, Azhdari-Zarmehri H, "et al", The role of ethanol on the anticonvulsant effect of valproic acid and cortical microvascular changes after epileptogenesis in mice, Neurol Sci. 2013;34(7):1125-31[Persian].
34. Allan SM, Rothwell NJ, Cytokines and acute neurodegeneration. Nature reviews, Neuroscience, 2001;2(10):734-44.
35. Godlevsky LS, Shandra AA, Oleinik AA, "et al", TNF-alpha in cerebral cortex and cerebellum is affected by amygdalar kindling but not by stimulation of cerebellum, Journal de pharmacologie, 2002; 54(6):655-60.
36. Evseev VA, Vetrile LA, Karpova MN, Neuroimmunopathologic aspects of epilepsy, Vestn Ross Akad Med Nauk, 2004(8):43-6.
37. Jacque C, Tchelingierian JL, New concepts on the role of cytokines in the central nervous system, Revue neurologique, 1994;150(11):748-56.
38. Heidarianpour A, Sadeghian E, Mirnajafi-Zadeh J, "et al", Anticonvulsant effects of N<sup>6</sup>-cyclohexyladenosine microinjected into the CA1 region of the hippocampus on entorhinal cortex-kindled seizures in rats, Epileptic disorders, 2006; 8(4): 259-266[Persian].

## Effect of Harmaline on seizure induced by amygdala kindling in rats

Alenajaf A<sup>1</sup>, Fereidooni M<sup>2</sup>, Moghimi A<sup>2</sup>, Mohebi E<sup>3</sup>, Mohammad-Zadeh M<sup>4</sup>\*

<sup>1</sup>MSc Student, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

<sup>3</sup> Student Research Committee, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

<sup>4</sup>Department of Physiology, Cellular and Molecular Research Center, School of Medicine, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran.

\*Corresponding Author: School of Medicine, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran.

Email: mohamadzadehm@medsab.ac.ir

### Abstract

**Background & Objectives:** Harmaline is one of the beta carboline of Peganumharmal. Harmaline and other carbolines are inverse agonists for benzodiazepine receptors with many inverse effects of benzodiazepines including anxiety and CNS excitement. The aim of this study is the effect of harmaline on seizure- induced by amygdala kindling in rats.

**Materials & Methods:** in this experimental study, eighteen kindled wistar rats (3 groups) were injected intraperitoneally with saline and on the following day, with Harmaline (50, 25, 12.5 mg/kg). After discharge duration (ADD), stage 5 duration (S<sub>5</sub>D), stage 2 latency (S<sub>2</sub>L) and stage 4 latency (S<sub>4</sub>L) of seizures were recorded and compared with those of the saline groups.

**Results:** Harmaline reduced S<sub>2</sub>L and S<sub>4</sub>L in 3 groups, and increased ADD and S<sub>5</sub>D not significantly but increased ADD only in group 15 mg/kg significantly ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** The obtained results revealed that harmaline has proconvulsant effect and maybe via stimulation of excitatory pathways or blocking of inhibitory pathways, or any other excitatory mechanisms cause increase in neuron activity and firing.

**Keywords:** Seizure, Harmaline, Kindling, Amygdala