

## **Evaluating effects of light deprivation on synaptic plasticity of hippocampal dentate gyrus neurons in rat**

Talaei SAR<sup>1</sup>, Salami M<sup>2\*</sup>, Banitaba SM<sup>3</sup>

1- Ph.D. Student of Neuroscience, Physiology Research Center, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran

2- Professor, Physiology Research Center, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran

3- Lecturer, Physiology Research Center, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran

Received: 30 Jun 2014, Accepted: 23 Jul 2014

---

### **Abstract**

**Background:** Environmental signals have a crucial role in development of brain's structure and function during critical period of brain development. It was evaluated the developmental effect of visual deprivation on synaptic plasticity of Dentate Gyrus neurons was evaluated.

**Materials and Methods:** This experimental study was carried on 2 groups (n=48) rats kept in standard 12-hour light/dark condition (Light Reared-LR) or in complete darkness (Dark Reared-DR) since birth throughout the study. Each group, in turn, was divided into 3 groups of 2, 6 and 10 weeks old subgroup (n=8 for each). Stimulating the perforant path, field potentials were recorded in the Dentate Gyrus area for 30 minutes. Then, the tetanic stimulation was applied to the Schaffer collaterals and the field potentials were pooled for 120 minutes post-tetanus in all animals.

**Results:** The basic responses of the LR animals decreased and the amplitude of the DR rats increased, across aging. After the LTP induction, amplitude of responses increased in all groups but the amount and stability of them were lower dark reared in animals than the LR ones.

**Conclusion:** Change in environmental visual signals impairs basic response and LTP induction in neurons of Dentate Gyrus area of hippocampus.

**Keywords:** Synaptic Plasticity; Dentate Gyrus; Dark Rearing; Rat

\*Corresponding Author:

Address: Physiology Research Center, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, I. R. Iran

Email: salami-m@kaums.ac.ir

## بررسی تأثیر محرومیت از نور بر شکل پذیری سیناپسی در نورون‌های ناحیه شکنج دندانه‌ای هیپوکامپ موش صحرائی

سید علیرضا طلائعی<sup>۱</sup>، محمود سلامی<sup>۲\*</sup>، سید مجتبی بنی طباطبائی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم اعصاب، مرکز تحقیقات فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران

۲- استاد، مرکز تحقیقات فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران

۳- مربی، مرکز تحقیقات فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۱

### چکیده

**زمینه و هدف:** سیگنال‌های حسی محیطی نقش مهمی در تکامل ساختار و عملکرد مغز در دوران بحرانی تکامل مغز دارند. در این مطالعه اثر تکاملی محرومیت از بینایی بر روی پدیده شکل‌پذیری سیناپسی در نورون‌های ناحیه شکنج دندانه‌ای هیپوکامپ مورد بررسی قرار گرفته است.

**مواد و روش‌ها:** در مطالعه تجربی حاضر ۴۸ سر موش صحرائی نر در دو گروه روشنایی و تاریکی قرار گرفتند. حیوانات گروه روشنایی از بدو تولد تا لحظه آزمایش در شرایط معمول حیوانخانه و حیوانات گروه تاریکی در شرایط تاریکی کامل قرار گرفتند. سپس، حیوانات هر گروه به ۳ زیر گروه ۲، ۶ و ۱۰ هفته (هر گروه ۸ سر) تقسیم شدند. با تحریک مسیر پریفورنت، پاسخ‌های میدانی نورون‌ها در ناحیه شکنج دندانه‌ای برای مدت ۳۰ دقیقه ثبت شدند. سپس تحریک تتانیک بر کولترال‌های شافر اعمال شد و آزمایش به مدت ۱۲۰ دقیقه دیگر ادامه یافت.

**یافته‌ها:** هم‌زمان با افزایش سن از اندازه پاسخ‌های پایه حیوانات گروه روشنایی کاسته شد و بر اندازه پاسخ‌های حیوانات گروه تاریکی افزوده گردید. پس از القای LTP نیز اندازه دامنه پاسخ در همه گروه‌ها افزایش یافت ولی میزان افزایش و ماندگاری آن در حیوانات گروه تاریکی کمتر از حیوانات گروه روشنایی بود.

**نتیجه‌گیری:** تغییر در سیگنال‌های محیطی بینایی باعث ایجاد اختلال در فعالیت پایه و نیز القای LTP در نورون‌های ناحیه شکنج دندانه‌ای هیپوکامپ می‌شود.

**واژگان کلیدی:** شکل‌پذیری سیناپسی، شکنج دندانه‌ای، محرومیت از نور، موش صحرائی

\* نویسنده مسئول: کاشان، مرکز تحقیقات فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان

Email:salami-m@kaums.ac.ir

## مقدمه

نحوه برقراری ارتباطات سیناپسی سیستم عصبی مرکزی در دوره بحرانی تکامل مغز - دوره‌ای در ابتدای زندگی که مغز نسبت به تغییرات محیطی حساس است - نوع فعالیت‌های این سیستم در دوران بلوغ را تعیین می‌کند (۱). تغییر در نحوه تعامل یک پستاندار با محیط اطراف چه به صورت محروم ساختن از برخی پیام‌های محیطی و چه به صورت تقویت سیگنال‌های رسیده از محیط به پستاندار در این دوران آثار بسیار وسیع و پایداری بر شکل‌گیری ارتباطات سیناپسی دارد (۲). آثار محرومیت از بینایی در دوره بحرانی تکامل مغز، بر ساختار و عملکرد قشر بینایی در مطالعات گسترده‌ای بررسی شده است (۳، ۴). فتح‌اللهی و همکاران نشان داده‌اند که محروم کردن موش‌های صحرایی از پیام‌های بینایی باعث ایجاد تغییر در پاسخ نورون‌های قشر بینایی می‌شود (۵). در بیشتر پستانداران سیگنال‌های بینایی رسیده از محیط نقش بسیار مهمی را در برقراری ارتباط با محیط اطراف بازی می‌کند و نشان داده شده است که بخشی از این پیام‌ها پس از پردازش در قشر اولیه بینایی به تشکیلات هیپوکامپ می‌رسند (۶). این تشکیلات در فرآیندهای یادگیری و تثبیت برخی انواع حافظه نقش اصلی را بازی می‌کند (۷). نحوه شکل‌گیری حافظه تا کنون به درستی شناخته نشده است و گمانه زنی‌های مختلفی برای آن انجام شده است. تئوری‌های موجود بر اهمیت دو گونه شکل‌پذیری سیناپسی شامل تقویت دراز مدت (Long-term potentiation-LTP) و تضعیف دراز مدت (Long-term depression-LTD) در تشکیل حافظه تأکید می‌کنند (۸). بر این اساس تشکیل حافظه بر فعالیت مجموعه‌ای از آبخارهای ملکولی در نورون‌ها تکیه دارند که در نهایت به تغییرات دراز مدت در ساختمان و عمل سیناپس منجر می‌شوند (۹). LTP پدیده‌ای است که در مطالعات بسیار زیادی مورد بررسی قرار گرفته و عقیده دانشمندان بر این است که نماینده تغییرات صورت گرفته در سطح سلولی و مولکولی برای تشکیل حافظه می‌باشد (۱۰). در واقع LTP افزایش دراز مدت در تقویت انتقال سیناپسی است که

متعاقب فعالیت سیناپسی با فرکانس بالا ایجاد می‌شود و به عنوان یکی از روندهای سلولی مداخله‌کننده در ذخیره حافظه تلقی شده است (۱۱). هیپوکامپ نیز همانند قشرهای حسی مغز یک دوره بحرانی تکاملی دارد (۱۲) و نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که تغییر در تجربه حسی در دوران بحرانی تکامل هیپوکامپ بر ساختار و عملکرد آن در دوران بلوغ تاثیر به سزایی دارد (۱۳). گروه ما نیز در یک مطالعه نشان داد که تغییر در تجربه حس بینایی باعث ایجاد تغییر در پتانسیل‌های پس سیناپسی میدانی ناحیه CA1 هیپوکامپ موش صحرایی می‌شود (۱۴).

با توجه به این که بخشی از پیام‌های بینایی وارد تشکیلات هیپوکامپ می‌شود و مشخص شده است که پیام تغییر شکل یافته بینایی علاوه بر ایجاد تغییر در ساختار و عملکرد قشر بینایی، هیپوکامپ را نیز دست‌خوش تغییر قرار می‌دهد، لذا هدف از این مطالعه بررسی تأثیر دوره‌های مختلف محرومیت از بینایی بر القای LTP در ناحیه شکنج دندان‌های هیپوکامپ موش صحرایی بوده است.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه تجربی بر روی ۴۸ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار انجام گردید. شرایط نگهداری حیوانات از نظر دما و رطوبت محیط و نیز دسترسی به آب و مواد غذایی مطابق با استاندارد بود. از نظر شرایط نوری حیوانات به دو گروه اصلی روشنایی (Light Reared-LR) که در شرایط طبیعی حیوان‌خانه یعنی ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی پرورش یافته بودند و گروه تاریکی (Dark Reared-DR) که از بدو تولد تا لحظه آزمایش در تاریکی کامل (۲۴ ساعت) قرار داشتند، تقسیم شدند. هر گروه اصلی به ۳ زیرگروه (n=۸) تقسیم شد. حیوانات یکی از این زیرگروه‌ها در سن ۲ هفتهگی (2WLR, 2WDR)، گروه دوم در سن ۶ هفتهگی (6WLR, 6WDR) و گروه سوم در سن ۱۰ هفتهگی بودند (10WLR, 10WDR). نیم ساعت قبل از انجام آزمایش، حیوانات به آزمایشگاه منتقل شدند و با تزریق داخل صفاقی داروی اورتان (۱/۵ گرم به ازای هر

کیلوگرم وزن بدن) بی‌هوش شدند. پس از ثابت نمودن سر حیوان در دستگاه استریوتاگس (Stoelting USA)، با تزریق ۰/۵ میلی‌لیتر محلول لیدوکائین ۱ درصد در زیر پوست سر حیوان بی‌حسی موضعی نیز ایجاد گردید. سپس با استفاده از قیچی نوک‌تیز پوست سر از ناحیه پشت گردن تا نزدیک بینی برداشته شد و تمامی بافت‌ها به طور کامل کنار زده شدند تا جمجمه نمایان شود. پس از تعیین نواحی برگما، لامبدا و خط وسط روی جمجمه محل قرارگیری الکترودها به وسیله اطلس استریوتاگسیک مشخص شد (۱۵). الکترودها تحریکی ۸ میلی‌متر پشت برگما و ۴ میلی‌متر در جهت جانبی خط وسط قرار گرفت. به منظور ثبت پتانسیل‌های پس سیناپسی میدانی (field Excitatory Post synaptic Potentials: fEPSP) از ناحیه شکنج دندان‌های، الکترودها در نقطه‌ای که ۴/۲ میلی‌متر پشت برگما و ۳ میلی‌متر دورتر از خط وسط بود مستقر شد. سپس با دقت و توسط یک مته دندانپزشکی محل‌های علامت‌گذاری شده سوراخ شد. الکترودها هر دو دوقطبی و از جنس استیل زنگ‌نزن با پوشش تفلون و قطر ۰/۰۵ اینچ (A-M Systems USA) بودند. الکترودها تحریکی ۲/۴ میلی‌متر از سطح سخت شامه پایین برده شد تا به اکسون نورون‌های ناحیه انتورینال کورتکس میانی برسد. الکترودها ثابت نیز با فواصل ۱۰ میکرونی و با دقت حدود ۲/۵ میلی‌متر زیر سخت شامه برده شد تا به دندریت نورون‌های ناحیه شکنج دندان‌های برسد. محل صحیح الکترودها با روش الکتروفیزیولوژیکی ردیابی شد. پس از قرار گرفتن الکترودها در محل اختصاصی و برای اطمینان بیشتر با اعمال پالس‌های تحریکی زوج (Paired Pulse) صحت محل الکترودها مورد بررسی قرار گرفت. بلندتر بودن حداقل ۲۰ درصدی دامنه دومین پاسخ نسبت به دامنه پاسخ اول نشان از درستی محل قرارگیری الکترودهای ثابت و تحریکی داشت. در پاسخ به تحریک نورون‌های انتورینال کورتکس، پتانسیل‌های پس سیناپسی تحریکی (EPSP) شکنج دندان‌های ابتدا توسط آمپلی‌فایر (WSI, A3308, I.R.Iran) تقویت گردید و سپس با ورود به Data Acquisition Board

تبدیل به داده‌های دیجیتال شد و در پایان ثبت شدند. پس از حدود ۳۰ دقیقه ثبت اولیه پاسخ‌ها و زمانی که دامنه پاسخ با شدت تحریک ثابت بدون تغییر می‌ماند، منحنی Input/Output رسم شد. شدتی از تحریک الکتریکی که در آن ۶۰ درصد حداکثر دامنه پاسخ به دست آمد به عنوان شدت تحریک برای ادامه روند آزمایش و نیز برای اعمال تحریک تتانیک انتخاب شد. تحریکات با فرکانس ۰/۱ هرتز، مدت ۱۰۰ میلی‌ونیم ثانیه و با تأخیر ۵ هزارم ثانیه اعمال گردید. سپس، به مدت ۳۰ دقیقه EPSP ثبت شد. برای القای LTP در مدار نورونی مورد آزمایش تحریک تتانیک با فرکانس بالا (High Frequency Stimulation: HFS) اعمال شد. الگوی این تحریک شامل ۱۰ رشته موج با فرکانس ۲۰۰ هرتز و فاصله ۲ هزارم ثانیه بود (۱۶). مدت زمان هر پالس تحریکی نیز ۰/۱ هزارم ثانیه بود. پس از تحریک تتانیک روند تحریک و ثبت به مدت ۲ ساعت ادامه یافت. از نرم‌افزار Scope for Windows ساخت شرکت PowerLab برای پدیده‌های تحریک و ثبت و نیز تجزیه و تحلیل پاسخ‌ها استفاده شد. بدین منظور، درصد تغییر دامنه پاسخ‌ها بر حسب میلی‌ولت قبل و بعد از اعمال تحریک تتانیک مورد ارزیابی قرار گرفت. افزایش حداقل ۲۰ درصد در دامنه پاسخ‌ها پس از تحریک تتانیک به عنوان معیار وقوع LTP در نظر گرفته شد.

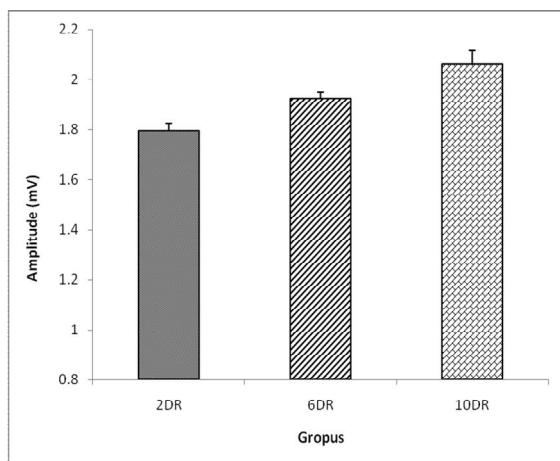
داده‌های حاصل از این مطالعه به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده‌اند. اختلاف میانگین بین گروه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ و به روش تجزیه و تحلیل آن‌وا یک طرفه به همراه پس‌آزمون توکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سطح معنی‌داری نیز کمتر از ۰/۰۵ تلقی گردید.

### یافته‌ها

در این مطالعه اثر دوره‌های مختلف محرومیت از بینایی بر پاسخ‌های پایه نورون‌های ناحیه شکنج دندان‌های هیپوکامپ و نیز القای LTP در این پاسخ‌ها مورد بررسی

### پاسخ‌های پایه ناحیه شکنج دندانه‌ای هیپوکامپ حیوانات پرورش یافته در تاریکی

بررسی نتایج مربوط به دامنه پاسخ‌های پایه در حیوانات DR هم‌زمان با پیشرفت سن یک روند افزایشی نشان داد. میانگین دامنه پاسخ‌ها در گروه 2WDR،  $1.79 \pm 0.03$  میلی‌ولت بود و به ترتیب به  $1.92 \pm 0.02$  و  $2.06 \pm 0.06$  میلی‌ولت در گروه‌های 6WDR و 10WDR رسید. به عبارت دیگر، دامنه پاسخ‌های پایه در گروه 10WDR نسبت به حیوانات 2WDR یک افزایش  $14/77\%$  درصدی نشان داد. نتایج پس آزمون توکی نشان داد اختلاف دامنه پاسخ پایه بین گروه 2WDR و گروه‌های 6WDR و 10WDR و نیز بین دو گروه 6WDR و 10WDR معنی‌دار است ( $p < 0.001$ ؛ نمودار ۲).



نمودار ۲. مقایسه میانگین دامنه پاسخ پایه (بر اساس میلی‌ولت) در حیوانات پرورش یافته در تاریکی به مدت ۲ هفته (2DR)، ۶ هفته (6DR) و ۱۰ هفته (10DR). آزمون آنالیز واریانس یک طرفه نشان می‌دهد که اختلاف دامنه پاسخ بین همه گروه‌ها معنی‌دار است ( $p < 0.001$ ).

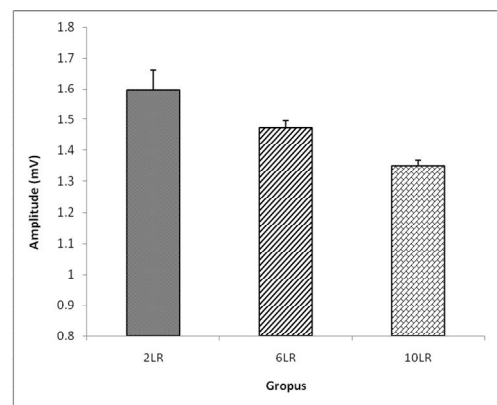
### القای LTP در fEPSP های ثبت شده از ناحیه شکنج دندانه‌ای هیپوکامپ حیوانات پرورش یافته در سیکل روشنایی طبیعی حیوانخانه

پس از انجام ثبت پایه با اعمال تحریک تتانیک با فرکانس ۱۰۰ هرتز، LTP در مدار مسیر پرفورانت به ناحیه شکنج دندانه‌ای القاء شد و سپس ثبت به مدت ۲ ساعت دیگر ادامه یافت. بررسی نتایج نشان می‌دهد که القای LTP

قرار گرفت. نتایج آزمون آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که اختلاف بین دامنه همه گروه‌ها قبل و بعد از القای LTP معنی‌دار است ( $F_{23, 476} = 97.463, p < 0.001$ ).

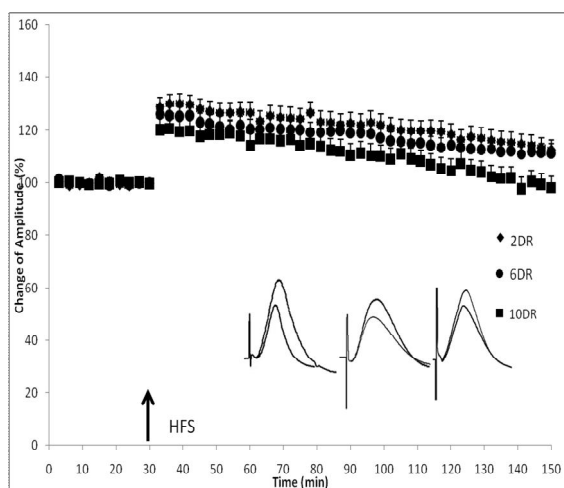
### پاسخ‌های پایه ناحیه شکنج دندانه‌ای هیپوکامپ حیوانات پرورش یافته در سیکل روشنایی تاریکی طبیعی حیوانخانه

نتایج مربوط به پاسخ‌های ثبت شده در ناحیه شکنج دندانه‌ای هیپوکامپ نشان می‌دهد که میانگین دامنه پاسخ‌های پایه در گروه 2WLR،  $1.59 \pm 0.06$  میلی‌ولت و در گروه 6WLR،  $1.47 \pm 0.02$  میلی‌ولت بود و در گروه 10WLR به  $1.35 \pm 0.02$  میلی‌ولت رسید. به عبارت دیگر، هم‌زمان با افزایش سن از ۲ تا ۱۰ هفته در حدود  $15/5\%$  درصد از میزان پاسخ پایه کاسته شده است. نتایج پس آزمون توکی بیان‌گر آن است که اختلاف دامنه پاسخ پایه بین گروه 2WLR و گروه‌های 6WLR و 10WLR و نیز بین دو گروه 6WLR و 10WLR معنی‌دار است ( $p < 0.001$ ؛ نمودار ۱).



نمودار ۱. مقایسه میانگین دامنه پاسخ پایه (بر اساس میلی‌ولت) در حیوانات پرورش یافته در سیکل روشنایی طبیعی حیوانخانه به مدت ۲ هفته (2LR)، ۶ هفته (6LR) و ۱۰ هفته (10LR). آزمون آنالیز واریانس یک طرفه نشان می‌دهد که اختلاف دامنه پاسخ بین همه گروه‌ها معنی‌دار است ( $p < 0.001$ ).

بیشترین میزان افزایش دامنه بعد از اعمال تحریک تتانیک ابتدا در حیوانات گروه 2WDR ( $28/69 \pm 3/58$ ) درصد افزایش) و سپس 6WDR ( $25/89 \pm 3/45$ ) درصد افزایش) و 10WDR ( $20/11 \pm 4/45$ ) درصد افزایش) دیده شد (نمودار ۴). با در نظر گرفتن معیار ۲۰ درصد افزایش در دامنه پاسخها بعد از القای LTP می توان چنین گفت که در گروه 10WDR عملاً LTP القاء نشد و LTP القاء شده در دو گروه دیگر نیز تنها در حدود نیم ساعت دوام داشت. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نیز نشان داد که اختلاف بین دامنه پاسخها بعد از القای LTP در گروه های 2WDR و 10WDR معنی دار بوده ( $p < 0/05$ ) و بقیه مقایسه ها معنی دار نبود.

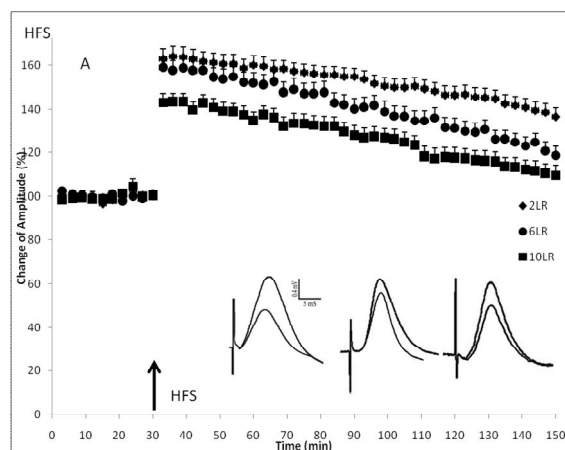


نمودار ۴. اعمال تحریک تتانیک در fEPSP های ثبت شده از ناحیه شکنج دندانه ای هیپوکامپ حیوانات پرورش یافته در تاریکی به مدت ۲ هفته (2DR)، ۶ هفته (6DR) و ۱۰ هفته (10DR) باعث افزایش دامنه پاسخهای پایه و القای LTP در گروه های 2WDR و 6WDR شد. آزمون واریانس یک طرفه نشان داد که تنها اختلاف بین دامنه پاسخها بعد از القای LTP بین گروه های 2WDR و 10WDR معنی دار است.

#### بحث

بررسی یافته های مطالعه حاضر نشان می دهد که اگرچه افزایش سن باعث افزایش دامنه پاسخهای پایه ثبت شده از ناحیه شکنج دندانه ای هیپوکامپ می شود، اما محرومیت از بینائی هم زمان با افزایش سن باعث افزایش

منجر به افزایش قابل توجهی در دامنه fEPSP ها گردید؛ به طوری که اختلاف بین قبل و بعد از القای LTP در همه گروه ها معنی دار بود ( $p < 0/001$ ). همان گونه که در نمودار ۳ نیز مشخص گردیده است، بیشترین میزان افزایش دامنه بعد از اعمال تحریک تتانیک ابتدا در حیوانات گروه 2WLR ( $62/92 \pm 4/64$ ) درصد افزایش) و سپس در حیوانات 6WLR ( $58/97 \pm 4/82$ ) درصد افزایش) و در نهایت در گروه 10WLR ( $43/19 \pm 3/92$ ) درصد افزایش) دیده شد.



نمودار ۳. اعمال تحریک تتانیک در fEPSP های ثبت شده از ناحیه شکنج دندانه ای هیپوکامپ حیوانات پرورش یافته در سیکل روشنائی طبیعی حیوانخانه به مدت ۲ هفته (2LR)، ۶ هفته (6LR) و ۱۰ هفته (10LR) باعث القای LTP شد. آزمون آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که اختلاف بین دامنه پاسخها بعد از القای LTP در همه گروه ها معنی دار است ( $p < 0/001$ ).

#### القای LTP در fEPSP های ثبت شده از ناحیه شکنج دندانه ای هیپوکامپ حیوانات پرورش یافته در تاریکی

اعمال تحریک تتانیک در مسیر پرفورنت به شکنج دندانه ای حیوانات DR نیز منجر به افزایش قابل توجهی در دامنه fEPSP ها گردید؛ به طوری که اختلاف بین قبل و بعد از القای LTP در همه گروه ها معنی دار بود ( $p < 0/001$ ). لازم به ذکر است که میزان افزایش در دامنه همه پاسخها در مقایسه با حیوانات هم سن که در روشنائی پرورش یافته بودند، کمتر بود. هم چنین، تعداد LTP القاء شده در این حیوانات نسبت به حیوانات LR کمتر بود.

اندازه دامنه پاسخ‌های پایه در نورون‌های مذکور می‌گردد. به علاوه، بعد از القای LTP دامنه پاسخ همه گروه‌ها افزایش قابل توجهی نشان داد و این در حالی بود که هم‌زمان با پیشرفت سن در هر دو گروه از دامنه پاسخ‌های ثبت شده بعد از القای LTP کاسته شده، و در مجموع میزان تقویت پاسخ‌ها بعد از القای LTP در حیوانات نگهداری شده در تاریکی در مقایسه با حیوانات معمولی کمتر بود.

همانند قشرهای حسی، برای هیپوکامپ نیز یک دوره بحرانی تکامل در نظر گرفته شده (۱۲) و نتایج برخی مطالعات حاکی از این است که تغییر در تجربه حسی در دوران بحرانی تکامل هیپوکامپ بر ساختار و عملکرد آن در دوران بلوغ مؤثر است. واترز و همکاران نشان داده‌اند که تغییر در سیگنال‌های حسی رسیده از محیط اطراف موش صحرانی در دوره بحرانی تکامل مغز این حیوان، باعث ایجاد تغییر در پاسخ‌های نورون‌های ناحیه CA1 هیپوکامپ می‌شود (۱۲). در سطح سیناپسی، میزان عملکرد سیستم‌های نوروترانسمیتری تعیین کننده نوع و اندازه فعالیت نورون‌ها است؛ به بیان دیگر، فعالیت یک مدار نورونی بستگی به این نکته دارد که فعالیت کدامیک از پیامبرهای عصبی در آن مدار غالب است. برخی از مطالعات گزارش کرده‌اند که فعالیت سیستم‌های نوروترانسمیتری مختلف در طول دوره بحرانی تکامل مغز تغییر کرده و هم‌چنین تغییر در شرایط محیطی و سیگنال‌های حسی و حرکتی رسیده از محیط نیز بر تکامل این سیستم‌ها مؤثر است (۴). موالس و همکاران نشان داده‌اند که از ابتدای زندگی تا پایان دوره بحرانی تکامل مغز، میزان آوران‌های مهارتی گابا آرژیک رسیده به لایه‌های ۲ و ۳ قشر بینائی موش صحرانی تا ۳ برابر افزایش پیدا می‌کنند (۱۷). هم‌چنین، نشان داده شده است که در ابتدای زندگی میزان نسبت زیر واحد NR2A کانال NMDA به زیر واحد NR2B بالاست و این خود عاملی برای کاهش میزان کینتیک کانال‌های NMDA می‌باشد (۹). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت افزایش مهارت هم‌زمان با کاهش تحریک در طول افزایش سن در دوره بحرانی تکامل مغز می‌تواند علت کاسته شدن از اندازه پاسخ‌های پایه در

حیوانات 10WLR نسبت به 2WLR باشد. اما در پاسخ به این سوال که چرا میزان پاسخ پایه در حیوانات محروم از روشنائی از موش‌های صحرانی هم‌سن خود بیشتر بوده و با افزایش سن نیز بر اندازه پاسخ افزوده شده است، می‌توان علت را به نحوه ترشح و فعالیت هورمون ملاتونین (هورمون مترشح از غده پینه‌آل) نسبت داد. ریتم ترشح این هورمون به وضوح تحت تأثیر ریتم‌های سیرکادین است و تغییرات غلظت ملاتونین در گردش در طول شبانه روز یک سیگنال هورمونی تابع تغییرات نور در محیط اطراف حیوانات است (۱۸). ملاتونین پس از ترشح وارد مایع مغزی نخاعی و خون شده و اثرات خود را از طریق گیرنده‌های غشایی به انجام می‌رساند (۱۹) که حضور آنها در نواحی مختلف مغز پستانداران به ویژه در هیپوکامپ (۲۰) به اثبات رسیده است. نتایج تحقیقات دانشمندان حاکی از مؤثر بودن ملاتونین بر فعالیت نورون‌های نواحی مختلف سیستم عصبی مرکزی است. در تأیید نتایج حاصل از مطالعه ما می‌توان گفت؛ موش شوف و همکاران گزارش کرده‌اند که ملاتونین، باعث افزایش واضح دامنه پاسخ پتانسیل‌های پس سیناپسی در ناحیه CA1 هیپوکامپ می‌شود (۲۰). گزارش بای داس و همکاران نیز بیان می‌دارد که اثر ملاتونین بر پاسخ‌های پایه نورون‌ها، تسهیلی است (۲۱).

اگرچه مطالعات انجام شده بر روی تاثیر تجربه بینائی بر شکل‌پذیری سیناپسی در ناحیه هیپوکامپ اندک است (۱۲)، اما این مطالعات به وفور در ناحیه قشر بینائی انجام گردیده‌اند (۴). نشان داده شده است که محرومیت از بینائی باعث مهار فعالیت آوران‌های گابا آرژیک در قشر بینائی می‌شود (۱۷). هم‌چنین، بیان شده است که پرورش موش‌های صحرانی در تاریکی مطلق باعث جلوگیری از تغییر نسبت زیر واحدهای کانال NMDA در این ناحیه می‌شود (۲۲). بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که محرومیت از بینائی باعث کاهش مهار و افزایش تحریک در قشر بینائی شده و بدین سبب اندازه پاسخ‌های پایه در قشر بینائی حیوانات تیمار شده با تاریکی افزایش می‌یابد (۲۳). شاید تأثیر تجربه بینائی بر فعالیت سیستم‌های نوروترانسمیتری مهارتی و تحریکی در

- sensory experience. *Neuroscience letters*. 2001; 306(3): 149-52.
6. Lavenex P, Amaral DG. Hippocampal-neocortical interaction: A hierarchy of associativity. *Hippocampus*. 2000;10(4):420-30.
7. O'Keefe J, Dostrovsky J. The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain research*. 1971; 34(1):171-5.
8. Abraham WC, Williams JM. LTP maintenance and its protein synthesis-dependence. *Neurobiology of learning and memory*. 2008;89(3):260-8.
9. Yashiro K, Philpot BD. Regulation of NMDA receptor subunit expression and its implications for LTD, LTP, and metaplasticity. *Neuropharmacology*. 2008;55(7):1081-94.
10. Li S, Cullen WK, Anwyl R, Rowan MJ. Dopamine-dependent facilitation of LTP induction in hippocampal CA1 by exposure to spatial novelty. *Nature neuroscience*. 2003; 6(5): 526-31.
11. Kerchner GA, Nicoll RA. Silent synapses and the emergence of a postsynaptic mechanism for LTP. *Nature Reviews Neuroscience*. 2008; 9(11):813-25.
12. Waters NS, Klintsova AY, Foster TC. Insensitivity of the hippocampus to environmental stimulation during postnatal development. *The Journal of neuroscience*. 1997; 17(20):7967-73.
13. Mora F, Segovia G, del Arco A. Aging, plasticity and environmental enrichment: structural changes and neurotransmitter dynamics in several areas of the brain. *Brain research reviews*. 2007;55(1):78-88.
14. Talaei SA, Sheibani V, Salami M. Light deprivation improves melatonin related suppression of hippocampal plasticity. *Hippocampus*. 2010;20(3):447-55.
15. Paxinos G, Watson C. *The rat brain in stereotaxic coordinates: hard cover edition*: Academic press; 2006.
16. Mosleh M, Palizvan M. Effect of sumatriptan on the field potentials of the CA1 region of hippocampus in male rats. *Arak Medical University Journal*. 2013;15(10):77-84.
17. Morales B, Choi S-Y, Kirkwood A. Dark rearing alters the development of GABAergic

هیپوکامپ نیز مشابه قشر بینائی باشد که این مطلب مطالعات بیشتری را می‌طلبد.

### نتیجه گیری

از یافته‌های مطالعه حاضر می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که تغییر در تجربه حسی بینائی طی یک روند وابسته به سن از احتمالاً از طریق تغییر در فعالیت نورترانسسمیترهای تحریکی و مهار مغز باعث افزایش فعالیت پایه سیناپسی در نورون‌های ناحیه شکنج دندانهای هیپوکامپ شده و نیز روند القای LTP در این نورون‌ها را مختل می‌کند.

### تشکر و قدردانی

این پژوهش در قالب بخشی از پایان نامه دوره عالی پژوهش علوم اعصاب در مرکز تحقیقات فیزیولوژی دانشگاه علوم پزشکی کاشان به انجام رسیده و هزینه انجام آن از طریق طرح تحقیقاتی شماره ۹۰۲۱ به وسیله معاونت پژوهشی این دانشگاه تأمین گردیده است. نویسندگان مقاله، از همکاری‌های بی‌دریغ این معاونت کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آورند.

### منابع

- Morishita H, Hensch TK. Critical period revisited: impact on vision. *Current opinion in neurobiology*. 2008;18(1):101-7.
- Crews F, He J, Hodge C. Adolescent cortical development: a critical period of vulnerability for addiction. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. 2007;86(2):189-99.
- Frenkel MY, Sawtell NB, Diogo ACM, Yoon B, Neve RL, Bear MF. Instructive effect of visual experience in mouse visual cortex. *Neuron*. 2006;51(3):339-49.
- Hooks BM, Chen C. Critical periods in the visual system: changing views for a model of experience-dependent plasticity. *Neuron*. 2007; 56(2): 312-26.
- Fathollahi Y, Salami M. The role of N-methyl-d-aspartate receptors in synaptic plasticity of rat visual cortex in vitro: effect of



transmission in visual cortex. *The Journal of neuroscience*. 2002;22(18):8084-90.

18. Chatteraj A, Liu T, Zhang LS, Huang Z, Borjigin J. Melatonin formation in mammals: in vivo perspectives. *Reviews in endocrine and metabolic disorders*. 2009;10(4):237-43.

19. Vanecek J. Cellular mechanisms of melatonin action. *Physiological reviews*. 1998; 78(3): 687-721.

20. Musshoff U, Riewenherm D, Berger E, Fauteck JD, Speckmann EJ. Melatonin receptors in rat hippocampus: molecular and functional investigations. *Hippocampus*. 2002; 12(2): 165-73.

21. Baydas G, Özer M, Yasar A, Tuzcu M, Koz ST. Melatonin improves learning and memory

performances impaired by hyperhomocysteinemia in rats. *Brain research*. 2005; 1046(1):187-94.

22. Yashiro K, Corlew R, Philpot BD. Visual deprivation modifies both presynaptic glutamate release and the composition of perisynaptic/extrasynaptic NMDA receptors in adult visual cortex. *The Journal of neuroscience*. 2005;25(50):11684-92.

23. Salami M, Fathollahi Y, Semnanian S, Atapour N. Differential effect of dark rearing on long-term potentiation induced by layer IV and white matter stimulation in rat visual cortex. *Neuroscience research*. 2000;38(4):349-56.