

The effects of chlorodiazepoxide on the Bax gene expression in CA1 pyramidal cells of the newborn rat hippocampus

Amin Dinarvand¹, Mehrdad Hashemi², Rasool Dinarvand³, Shabnam Movaseghi⁴, Mojtaba Jafarinia⁵

¹MSc, Department of Genetics, Islamic Azad University, Marvdasht Branch, Marvdasht, Iran

² Professor, Department of Genetics, Faculty of Advanced Sciences and Technology, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran

³ Professor, Department of Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Tehran Medical Sciences University, Tehran, Iran

⁴ Associate professor, Department of Anatomy, Faculty of Medicine, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran

⁵ Assistant professor, Department of Genetics, Islamic Azad University, Marvdasht Branch, Marvdasht, Iran

Abstract

Background: Most drugs used by pregnant women can pass through the placenta and expose embryos and developing embryos to teratogenic effects. Due to the increased cellular damage of Bax gene expression, the effect of chlorodiazepoxide use during pregnancy on Bax gene expression in the hippocampus of neonatal rats was investigated.

Materials and methods: After confirmation of pregnancy in Wistar female rats, intraperitoneal injection of chlorodiazepoxide was administered at a dose of 10 mg/ kg daily for 21 days in the experimental group. Two weeks after birth, the infant's brain was removed from the skull. After isolating the CA1 region of the neonatal hippocampus, the expression of the Bax proapoptotic gene was examined and compared with the control and carrier group (saline).

Results: The level of gene expression was analyzed and proapoptotic Bax gene showed significant increase in experimental group compared to control group.

Conclusion: The results of this study indicated that the administration of chlorodiazepoxide during pregnancy can cause neuronal damage in the hippocampus of Wistar rats.

Keywords: Gene expression, Chlorodiazepoxide, Rat, Hippocampus.

Cited as: Dinarvand A, Hashemi M, Dinarvand R, Movaseghi Sh, Jafarinia M. The effects of Chlorodiazepoxide on the bax gene expression in CA1 pyramidal cells of the newborn rat hippocampus. Medical Science Journal of Islamic Azad University, Tehran Medical Branch 2020; 30(2): 134-140.

Correspondence to: Mehrdad Hashemi

Tel: +98 9126037351 5

E-mail: mhashemi@iautmu.ac.ir

ORCID ID: 0000-0003-0627-6991

Received: 16 Feb 2019; **Accepted:** 7 Apr 2019

مجله علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی

دوره ۳۰، شماره ۲، تابستان ۹۹، صفحات ۱۳۴ تا ۱۴۰

بررسی تغییر بیان ژن Bax ناشی از داروی کلردیازپوکساید در زمان بارداری در سلول‌های هرمی ناحیه CA1 هیپوکامپ نوزادان موش

امین دیناروند^۱، مهرداد هاشمی^۲، رسول دیناروند^۳، شب‌نم موثقی^۴، مجتبی جعفری نیا^۵

^۱ کارشناس ارشد، گروه ژنتیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، مرودشت، ایران

^۲ استاد، گروه ژنتیک، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۳ استاد، گروه فارماسیوتیکس، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۴ دانشیار، گروه آناتومی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۵ استادیار، گروه ژنتیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، مرودشت، ایران

چکیده

سابقه و هدف: بیشتر داروهایی که توسط زنان حامله مصرف می‌شوند، می‌توانند از جفت عبور کنند و رویان و جنین در حال نمو را در معرض اثرات تراتوژن قرار دهند. کلردیازپوکساید از گروه بنزودیازپین‌ها است که به خوبی از دستگاه گوارش جذب شده و وارد مغز می‌شود. با توجه به افزایش بیان ژن Bax متعاقب آسیب سلولی و ارتباط نواحی نورون‌های پیرامیدال ناحیه CA1 هیپوکامپ با حافظه و حساسیت این بخش به داروهای تراتوژن، در این مطالعه اثر مصرف کلردیازپوکساید در دوران بارداری بر روی بیان ژن Bax در سلول‌های هرمی ناحیه CA1 هیپوکامپ نوزادان موش صحرایی بررسی شد.

روش بررسی: پس از تایید بارداری موش‌های ماده نژاد ویستار در گروه آزمایشی، روزانه کلردیازپوکساید با دوز ۱۰ mg/kg به مدت ۲۱ روز تزریق داخل صفاقی انجام شد و ۲ هفته پس از تولد، مغز نوزادان از جمجمه خارج شد. پس از جداسازی ناحیه CA1 هیپوکامپ نوزادان، بیان ژن پروآپتوتیک Bax مورد بررسی قرار گرفت و با گروه کنترل و حامل (سالین) مقایسه شدند.

یافته‌ها: میزان بیان ژن پروآپتوتیک Bax در گروه آزمایشی نسبت به گروه کنترل و حامل افزایش معنی‌داری نشان داد.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاکی از آن بود که دریافت کلردیازپوکساید در دوران بارداری می‌تواند باعث افزایش ژن پروآپتوتیک Bax و القا آپتوز در سلول‌های نورونی هیپوکامپ نوزادان موش صحرایی نژاد ویستار شود.

واژگان کلیدی: بیان ژن، کلردیازپوکساید، موش صحرایی، هیپوکامپ.

مقدمه

زیادی گیرنده‌های گلوکوکورتیکوئید است که این امر آن را نسبت به بخش‌های دیگر مغز به استرس‌های طولانی مدت آسیب‌پذیرتر می‌سازد. نشان داده شده که افرادی که استرس‌های روانی طولانی مدتی را تجربه می‌کنند در هیپوکامپ بیش از سایر نواحی مغزی آتروفی نشان می‌دهند. نواحی مشخصی از مغز از جمله سلول‌های هرمی CA1 هیپوکامپ (Hippocampus) که ارتباط مستقیمی با حافظه دارد نسبت به داروهای تراتوژن بسیار حساس هستند (۱-۳). کلردیازپوکساید از گروه بنزودیازپین‌ها و جزء داروهای مسکن

هیپوکامپ یک جز اصلی مغز انسان و دیگر مهره‌داران است. هیپوکامپ متعلق به سیستم لیمبیک است و نقش مهمی در ثبات اطلاعات از حالت حافظه کوتاه مدت به حافظه بلند مدت و مسیریابی فضایی دارد. هیپوکامپ حاوی تعداد

آدرس نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران، مهرداد هاشمی

(email: mhashemi@iautmu.ac.ir)

ORCID ID: 0000-0003-0627-6991

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۱۸/۸

واکنشگر نقش دارد. هرگونه اختلال در روند آپوپتوز می‌تواند منجر به بیماری شود که ممکن است ناشی از کاهش مرگ سلولی باشد و منجر به ایجاد و رشد سلول‌های سرطانی و یا اختلالات خود ایمنی شود. بر عکس، افزایش غیر طبیعی مرگ سلولی نیز در بیماری‌هایی نظیر اختلالات نورودژنراتیو و ایدز دیده می‌شود. آپوپتوز دارای دو مسیر اصلی داخلی و خارجی است. مسیر داخلی یا مسیر میتوکندریایی آپوپتوز از مسیرهای اصلی در القای آپوپتوز است. میتوکندری هم در حیات و هم در مرگ سلولی دخالت دارد. در پاسخ به سیگنال‌های مرگ سلولی، نفوذپذیری غشاء خارجی میتوکندری باعث بیان متفاوت پروتیین‌های خانواده Bcl-2 و آزاد شدن مولکول‌های پروآپوپتوتیک از قبیل ژن Bax، فاکتور القاء کننده آپوپتوز (AIF)، سیتوکروم C، Smac/DIABLO و اندونوکلئاز G از فضای بین دو غشاء میتوکندری به داخل سیتوپلاسم می‌شوند. از ژن‌های مهم پیش برنده آپوپتوز می‌توان به Bax اشاره کرد (۸، ۹). با توجه به افزایش بیان ژن bax متعاقب آسیب سلولی و ارتباط نواحی نورون‌های پیرامیدال ناحیه CA1 هیپوکامپ با حافظه و حساسیت این بخش به داروهای تراتوژن، در این مطالعه اثر مصرف کلرودیازپوکساید در دوران بارداری بر روی بیان ژن bax در سلول‌های هرمی ناحیه CA1 هیپوکامپ نوزادان موش صحرایی بررسی شد.

مواد و روشها

این تحقیق با مصوبه کد اخلاق IR.IAU.TMU.REC.1395.322 با مراحل آزمایشی زیر به روش مطالعه تجربی اجرا شد.

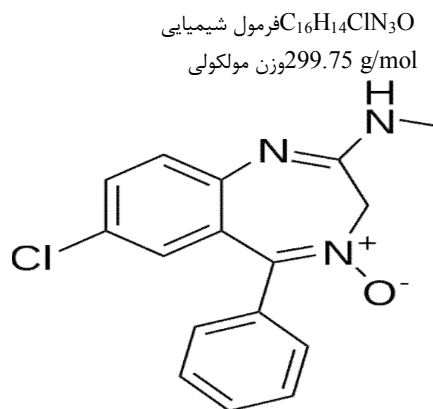
گروه‌های حیوانات

حیوانات ماده مرتب با تهیه واژینال اسمیر بررسی شده و در فاز استروس در قفس‌های جداگانه جفت گیری انجام و پس از مشاهده واژینال پلاک با دوز ۱۰ mg/kg به مدت ۲۱ روز تزریق داخل صفاقی انجام شد (۱۰، ۱۱). حیوانات در سه گروه زیر مورد بررسی قرار گرفتند.

- گروه شاهد: هیچ تیماری برای حیوان انجام نشد.
- گروه آزمایشی: داروی کلردیازپوکساید با دوز انتخابی ۱۰ mg/kg هر روز در طول بارداری (۲۱ روز) به صورت داخل صفاقی (IP) به حیوان تزریق شد.
- گروه حامل: نرمال سالین (۱ میلی لیتر) هر روز در طی دوره بارداری به حیوان تزریق شد.

و خواب آور است (۱، ۲). شکل ۱ مشخصات شیمیایی کلردیازپوکساید را نشان می‌دهد.

شایع‌ترین بنزودیازپین‌های مورد استفاده دیازپام، کلردیازپوکساید، کلونازپام، لورازپام، آلپرازولام هستند که به نظر می‌رسد توسط اثر مهاری روی نوروترنسمیتر گابا (gamma-aminobutyric acid) اثر می‌کنند.



شکل ۱. مشخصات شیمیایی کلردیازپوکساید

خطرات احتمالی بسیاری برای جنین در زمان مصرف داروهای ضد اضطراب توسط زنان باردار به خصوص در ۴۲ روز اول دوران بارداری وجود دارد. شروع اثرات تراتوژن ممکن است بلافاصله و یا با تاخیر باشد و علائم ممکن است در عرض چند روز یا ۳ هفته بعد از تولد ظاهر شوند و تا چندین ماه باقی بمانند. عوارض احتمالی عبارت از سقط جنین و آنومالی‌های مادرزادی، از جمله فلج اسپاستیک، میکروسفالی، آترزی دژنرال و کمبود روانی هستند (۵، ۶).

پدیده مرگ سلولی با توجه به اهمیتی که در تکامل سیستم عصبی دارد، در بسیاری از بیماری‌های نورودژنراتیو موثر است. بسیاری از بیماری‌های نورولوژیکی به وسیله کاهش تدریجی گروه خاصی از نورون‌ها ایجاد شده و اختلالاتی در حرکت و عمل سیستم CNS ایجاد می‌کنند و از آن جمله می‌توان بیماری‌هایی مانند پارکینسون و آلزایمر را نام برد. فاکتورهای زیادی مانند اکسیداتیو استرس، هموستازی نامناسب Ca²⁺، عدم کارایی میتوکندری، فقدان یا نقص واکنش‌های متقابل فاکتورهای نوروتروفیک بین نورون‌ها و بافت‌های هدفشان و یا ترکیبی از این عوامل در ایجاد بیماری‌های فوق مؤثر هستند (۷). آپوپتوز مرگ فیزیولوژیک سلولی است که در شرایط طبیعی سبب حذف سلول‌های پیر، آسیب دیده، اضافی و مضر می‌شود و برای تکامل و هموستاز بافتی ضروری است. آپوپتوز در ترمیم و نوسازی بافتی و نیز حذف سلول‌های T خود

شده و در Ncbi , BLAST شد و از نظر اختصاصی بودن چک شدند (جدول ۲).

RT-PCR

ابتدا cDNA با نسبت ۱/۵ با DDW به غلظت ۰/۲ Pmol/μL رقیق شد. Master mix به cDNA و پرایمر مطابق جدول ۳ اضافه شدند. پلیت مورد نظر را در دستگاه step one plus Real Time قرار داده شد. عملکرد و اختصاصیت پرایمرها چک شدند. ژن bax به عنوان ژن هدف و GAPDH به عنوان ژن مرجع انتخاب شدند. واکنش RT-PCR برای ژن هدف و مرجع در نمونه‌های کنترل و تست به صورت سه تایی در پلیت ۹۶ خانه‌ای انجام شد (جدول ۳).

برنامه زمانی و دمایی واکنش Real Time PCR مطابق جدول‌های ۴ و ۵ انجام گرفت.

در مرحله دوم منحنی ذوب تشکیل شد. مراحل فوق برای عدم آلودگی و سنجش عملکرد صحیح پرایمرها انجام شد و پس از اطمینان از مواد مذکور هر کدام از نمونه‌ها به صورت جداگانه با پرایمر جهت بررسی بیان ژن در چاهک‌ها در دستگاه قرار گرفتند. از NTC (کنترل منفی: Negative Test control) برای تأیید عدم آلودگی

۲ هفته پس از دنیا آمدن نوزادان، حیوانات توسط پنتوباریتال سدیم (۴۰ mg/kg) بهوش و ذبح شده و هیپوکامپ برای بررسی‌های مولکولی از سایر بافت‌های مغزی جدا شد.

استخراج RNA و سنتز cDNA

پس از برداشت بافت موردنظر از هیپوکامپ رت و نگهداری در ۷۰- درجه سانتی‌گراد، ابتدا RVA و دیگر اجزای سلولی از محاصره غشایی خارج شد و سپس به روش ترایزول RNA استخراج و برای صحت استخراج RNA از طریق اسپکتروسکوپی کمیت RNA مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت RNA توسط دستگاه Nanodrop در طول موج ۲۶۰، ۲۸۰ و ۲۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. طیف جذبی A 260/280 خلوص (عدم آلودگی با پروتئین) و A 260/230 خلوص (عدم آلودگی با فنل و کلروفرم) نمونه‌هایی که A 260/280 نمونه‌هایی که ≥ 1.8 بود برای سنتز cDNA انتخاب و به فریزر ۸۰- انتقال داده شدند.

برای ساخت مستر جهت سنتز cDNA طبق دستور کیت از موادی با غلظت‌های ذکر شده مطابق جدول ۱ استفاده شد. پرایمرها به کمک نرم افزار Primer 3 و Generunner طراحی

جدول ۱. مواد و حجم لازم جهت سنتز cDNA (Takara)

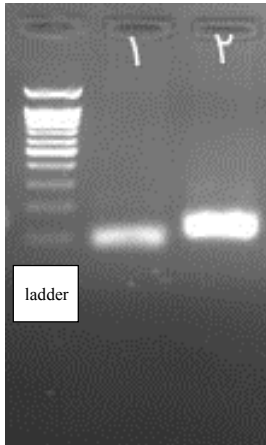
5X Primescript TM Buffer (for Real time)	μl	۱X
Prime Script TM RT Enzyme Mixl	μl	
Oligo dT primer (50 μM)	μl	۲۵Pmol
Random 6 mers (100 μM)	μl	۵۰ Pmol
Total RNA		
Rnase Free H ₂ O		
Total	μl	

جدول ۲. توالی پرایمر طراحی شده MCL1 و GAPDH

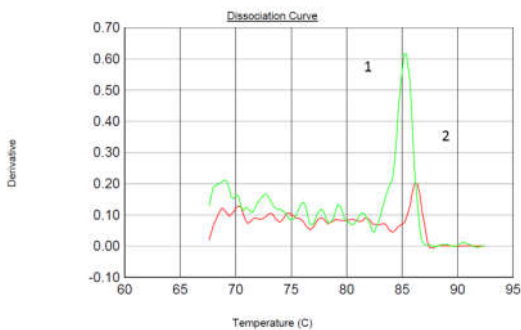
ژن	توالی پرایمر	دمای ذوب	طول bp	درصد CG
BAX-F	AGGGTGGCTGGGAAGGC	۵۶/۸	۱۷	۷۰/۶
BAX-R	TGAGCGAGGCGGTGAGG	۵۷/۷	۱۷	۷۰/۶
GAPDH F	AAGTTCAACGGCACAGTCAAGG	۵۷/۸	۲۲	۵۰/۰
GAPDH R	CATACTCAGCACCAGCATCACC	۵۶/۷	۲۲	۵۴/۶

جدول ۳. اجزای لازم برای واکنش Real time PCR (takara) (برای دو واکنش)

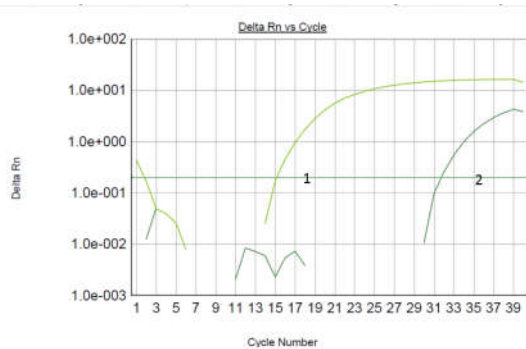
ماده	مقدار	غلظت نهایی
SYBR premix EX Taq TM 11(2X)	۲۵ μl	۱X
PCR Forward primer (10 μM)	۲ μl	۰/۴ μM
PCR Reverse primer (10 μM)	۲ μl	۰/۴ μM
Rox Reference Dye or Dye 11 (50 X)	۱ μl	۱X
RT reaction solution (cDNA solution)	۴ μl	۲
dH ₂ O (Sterilized distilled water)	۱۶ μl	
Total	۵۰ μl	



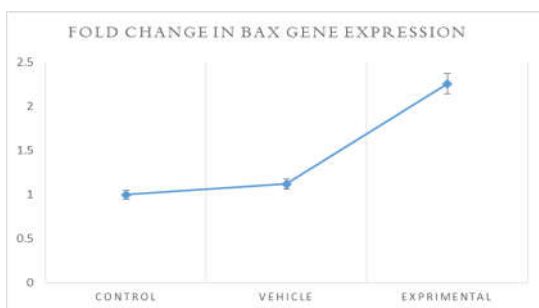
شکل ۲. الکتروفورز محصولات Real Time PCR روی ژل آگاروز ۱/۵٪ با نشانگر اندازه (100bp) -۱ Bax-۲-Gapdh



نمودار ۱. منحنی ذوب مربوط به ژن bax (۱) در مقایسه با ژن مرجع GAPDH (۲)



نمودار ۲. منحنی تکثیر ژنهای BAX2 و GAPDH1



نمودار ۳. نسبت بیان ژن bax در گروه های مختلف نسبت به کنترل

درحین انجام آزمایش استفاده شد. کنترل منفی فاقد cDNA بود. برای سنجش پرایمرها هر کدام از آنها با یک نمونه کنترل مورد بررسی قرار گرفتند و پس از اتمام واکنش Real Time PCR برای اطمینان از اختصاصی بودن پرایمرها و نمایش طول قطعات تکثیر شده، نمونه ها به ژل پلی آکریل آمید منتقل شدند.

تحلیل آماری

تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار آماری rest جهت مقایسه بیان و نسبت ها انجام شد.

جدول ۴. برنامه زمانی ودمایی PCR

چرخه	زمان	دما
۱	۱۵"	۹۵°
۴۰ تا ۴۲	۱۵"	۹۵°
	۶۰"	۶۴°

جدول ۵. برنامه زمانی ودمایی PCR در مرحله دوم

زمان (ثانیه)	دما
۱۵	۹۵
۶۰	۶۰
۱۵	۹۵

یافته‌ها

تایید صحت پرایمر

شکل ۲ نشان دهنده طول صحیح و تک بان بودن قطعات تکثیر شده با پرایمرهاست .

آنالیز منحنی ذوب (تفکیک)

منحنی ذوب بیانگر محصولاتی است که طی واکنش PCR تکثیر می‌شوند. به دلیل تک قله‌ای بودن تکثیر اختصاصی قطعات ژنی مورد نظر، عدم جفت شدن پرایمرها و عدم تکثیر قطعات غیر اختصاصی برای هر ژن با استفاده از منحنی ذوب (تفکیک) تعیین شد (نمودار ۱).

منحنی‌های تکثیر

نمودار ۲ نمونه‌ای از منحنی تکثیر ژن bax را به همراه ژن رفرنس نشان می‌دهد.

بیان ژن bax و تحلیل آماری

نمودار ۳ نتیجه بیان ژن‌های bax در گروه‌های مختلف نسبت به کنترل را نشان می‌دهد.

بحث

اگر چه هدف اصلی داروهایی که در طی دوران بارداری استفاده می شوند مادر است، با این وجود جنین یک دریافت کننده ناخواسته است و تأثیرات منفی بعضی از این داروها بر روی جنین از مشکلات اصلی بارداریها است. در مورد اختلالات عصبی ناشی از مصرف داروهای گروه بنزودیازپینها در دوران بارداری مطالعات کمی وجود دارد و اثر آنها بر روی رشد و نمو کودکانی که در دوران جنینی در معرض دارویی از جمله کلردیازپوکساید قرار گرفته اند، همچنان نامشخص است. با این حال، طبق مدل های حیوانی تا حدودی مشخص است که در صورت در معرض قرار گرفتن جنین در برابر بنزودیازپینها احتمال اثرات طولانی مدت بر روی سیستم عصبی و عملکرد آنها وجود دارد (۱۲).

کلردیازپوکساید از نظر ساختمانی بسیار شبیه دیازپام است و طبق مطالعات، دیازپام و اگزازپام باعث ایجاد آنومالی بر روی موش می شوند. با توجه به شباهت های ساختمانی و عملکردی کلردیازپوکساید با دیازپام می توان به این نتیجه رسید که احتمالاً کلردیازپوکساید نیز از طریق نوروسپتورها می تواند باعث آسیب به مغز موش نوزاد شود (۱۲).

بنزودیازپینها از جمله کلردیازپوکساید به اجزاء مولکولی گیرنده $GABA_A$ که در غشاهای نورونی دستگاه عصبی مرکزی وجود دارند متصل می شوند و این گیرنده یونی به عنوان کانال یون کار عمل می کند و توسط $GABA$ فعال می شود. طبق مطالعات الکتروفیزیولوژیک بنزودیازپینها باعث تقویت مهار به واسطه $GABA$ در تمام سطوح محور عصبی شامل طناب نخاعی، هیپوتالاموس، هیپوکامپ، جسم سیاه، قشر مخچه و قشر مغز می شوند (۱۳). طبق مطالعات انجام شده فعال شدن رسپتور $GABA$ در ایجاد آپتوز نقش دارد (۱۴، ۱۵). با توجه به افزایش ژن پروآپتوتونیک Bax و ایجاد آپتوز در سلول های هرمی هیپوکامپ مغز موش نوزاد می توان نتیجه گرفت این موضوع می تواند از طریق فعال شدن $GABA$ توسط بنزودیازپینها باشد.

بررسی ها نشان داده که مصرف بنزودیازپینها در نوزاد انسان موجب بروز میوکلونوس، صرع و حرکات غیر طبیعی می شود (۱۶). در مطالعه Hartz و همکارانش که به صورت کوهورت انجام شده بود، از میان ۵۰۲۸۲ مادر بارداری که تحت بررسی و پیگیری بودند ۲۵۷ مادر باردار در طی ۴ ماه اول بارداری از کلردیازپوکساید استفاده کرده بودند و ۴۸۳ مادر در ماه های ۵ به بعد بارداری از این دارو استفاده کرده بودند. نتایج این مطالعه

نشان داد که ریسک مالفورماسیون، مرده زایی و مرگ تا ۴ سالگی در نوزادان این مادران افزایش نیافته بود و همچنین طبق امتیازات ناشی از بررسی وضعیت موتور (در ۸ ماهگی) و IQ (در ۴ سالگی) هیچ گونه آسیب مغزی وجود نداشت (۱۷). آپتوز یا مرگ برنامه ریزی شده سلول، یک فرآیند فیزیولوژیک پیچیده است که با القای استرس های درون سلولی می تواند ایجاد شود. خانواده پروتئینی $Bcl-2$ یک تنظیم کننده مهم در این فرآیند است که خود از دو گروه پروتئین های آنتی و پروآپتوتیک تشکیل می شود. طبق مطالعات انجام شده مدارک زیادی دلالت بر توانایی آسیب مغزی در فعال کردن کاسپاز ۳ که در ارتباط مسیر داخلی آپتوز است وجود دارد. با توجه به نقش اعضای خانواده $Bcl2$ در القای آپتوز تظاهر مقدار بالای $Bcl2$ باعث کاهش آپتوز نورونی می شود. رهایی سیتوکروم c از میتوکندری پس از ایسکمی به علت فعالیت Bax و سایر اعضای پروآپتوتیک خانواده $Bcl2$ رخ می دهد. افزایش سطح Bax به سرعت از سیتوزول به میتوکندری نقل مکان می کند. در بین اعضاء خانواده پروتئینی $Bcl-2$ ، مولکول Bax جزء اعضاء پروآپتوتیک این خانواده پروتئینی به حساب که با توجه به نقش کلیدی فرآیند آپتوز، فعالیت صحیح و تنظیم شده آن برای عملکرد بسیاری از ارگان های بدن و به خصوص جهت حفظ تعامل بین مغز و کبد ضروری است. مطالعات نشان داده اند که کبد نقش مهمی در فراهم آوردن غذایی و از بین بردن مواد سمی مانند نورو توکسین دارد (۱۸).

در مطالعه حاضر روزانه 10 mg/kg داروی کلردیازپوکساید در طی تمام طول بارداری به موش صحرایی داده شد و یافته ها افزایش بیان ژن Bax در هیپوکامپ این نوزادان نسبت به گروه شاهد و حامل را نشان داد؛ در نتیجه مصرف این دارو در طی بارداری می تواند باعث آسیب نورونی در هیپوکامپ نوزادان شود (۱۰، ۱۱). با توجه به مطالب فوق الذکر احتمالاً کلردیازپوکساید از طریق تأثیر بر روی رسپتورهای خاص و تغییرات در سطح کورتیکواسترون ها و نوراپی نفرین طی دوران رشد عصبی باعث تخریب نورونی می شود. همچنین فعال شدن رسپتور $GABA$ توسط کلردیازپوکساید و نقش ثابت شده $GABA$ در آپتوز را می توان به عنوان مکانیسم دیگری در نحوه تأثیر داروی کلردیازپوکساید بر روی مغز موش نوزاد در نظر گرفت.

نتایج این مطالعه نشان داد که تزریق روزانه یک دوز کلردیازپوکساید به میزان 10 mg/kg طی دوران بارداری با افزایش ژن bax می تواند موجب آسیب نورونی در هیپوکامپ

مطالعه جامع‌تری به عمل آید.

نوزادان که نقش به‌سزایی در حافظه دارد، گردد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در مورد سایر ژن‌های مرتبط با این موضوع

REFERENCES

1. Yang Y, Raine A. Prefrontal structural and functional brain imaging findings in antisocial, violent, and psychopathic individuals: a meta-analysis. *Psychiatry Research: Neuroimaging* 2009;174:81-8.
2. Alvarez JA, Emory E. Executive function and the frontal lobes: a meta-analytic review. *Neuropsychol Rev* 2006;16:17-42.
3. Mander BA, Rao V, Lu B, Saletin JM, Lindquist JR, Ancoli-Israel S. Prefrontal atrophy, disrupted NREM slow waves and impaired hippocampal-dependent memory in aging. *Nat Neurosci* 2013;16:357-64.
4. Dorph-Petersen K, Pierri J, Perel J, Sun Z, Sampson A, Lewis D. The influence of chronic exposure to antipsychotic medications on brain size before and after tissue fixation: a comparison of haloperidol and olanzapine in macaque monkeys. *Neuropsychopharmacology* 2005;30:1649-61.
5. Liston C, Miller MM, Goldwater DS, Radley JJ, Rocher AB, Hof PR. Stress-induced alterations in prefrontal cortical dendritic morphology predict selective impairments in perceptual attentional set-shifting. *J Neurosci* 2006;26:7870-4.
6. Cecil KM, Brubaker CJ, Adler CM, Dietrich KN, Altaye M, Egelhoff JC, et al. Decreased brain volume in adults with childhood lead exposure. *PLoS Med*. 2008; 5: e112.
7. Iqbal M, Aneja A, Fremont W. Effects of chlordiazepoxide (Librium) during pregnancy and lactation. *Conn Med* 2003;67:259-62.
8. Iqbal M, Sobhan T, Ryals T. Effects of commonly used benzodiazepines on the fetus, the neonate, and the nursing infant. *Psychiatr Serv* 2002;53:39-49.
9. Hassanzadeh P, Hassanzadeh A. Effects of psychotropic drugs on nerve growth factor protein levels in the rat brain. *Physiol Pharmacol* 2009;13:244-52.
10. Chaouloff F, Durand M, Mormède P. Anxiety- and activity-related effects of diazepam and chlordiazepoxide in the rat light/dark and dark/light tests. *Behav Brain Res* 1997;85:27-35.
11. Schechter MD, Lovano DM. Ethanol-chlordiazepoxide interactions in the rat. *Pharmacol Biochem Behav* 1985; 23:927-30
12. Kellogg CK. Benzodiazepines: influence on the developing brain. *Prog Brain Res* 1988;73:207-28.
13. Katzung BG, Masters SB, Trevor AJ, Editors. *Basic & clinical pharmacology*. New York, NY, USA: Lange Medical Books/McGraw-Hill; 2012.
14. Zhang T, Cao EH, Li JF. A laser scanning confocal microscopy method. Simultaneous detection of intracellular Ca^{2+} and apoptosis using Fluo-3 and Hoechst 33342. *Anal Quant Cytol Histol* 2000; 22: 93-7.
15. Zhang F, Li C, Wang R, Han D, Zhang Q-G, Zhou C, et al. Activation of GABA receptors attenuates neuronal apoptosis through inhibiting the tyrosine phosphorylation of NR2A by Src after cerebral ischemia and reperfusion. *Neuroscience* 2007;150:938-49
16. Glykys J, Staley KJ. Diazepam effect during early neonatal development correlates with neuronal Cl^{-} . *Ann Clin Transl Neurol* 2015;2:1055-1070.
17. Hartz SC, Heinonen OP, Shapiro S, Siskind V, Slone D. Antenatal exposure to meprobamate and chlordiazepoxide in relation to malformations, mental development, and childhood mortality. *N Engl J Med* 1975;292:726-8.
18. Hashemi I, Entezari M, Zarindast MR. Investigating the gene expression level of Bad and Bcl-x1 following cholestasis and curcumin treatment in the striatum area of male rat. *Medical Sciences Journal of Islamic Azad University Tehran Medical Branch* 2017;27:244-251. [In Persian]