

Effect of selegiline on liver cholestasis induced by bile duct ligation in rat

Izadpanah E., PhD¹, Hassanzadeh K., PhD¹, Yousefinejad V., MD², Shahveisi K., MD³, Fatahi N., Medical Student⁴, Moloudi M.R., PhD²

1. Associate Professor, Cellular and Molecular Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

2. Assistant Professor, Liver & Digestive Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

(Corresponding Author), Tel:+98-87-33664674, x.moloudi@muk.ac.ir.

3. Assistant Professor, liver Disease Research Center, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.

4. Medical Student, Student Research Committee, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

ABSTRACT

Background and Aim: Liver has a major role in protection of human against various toxins and drugs. Cholestasis can be defined as impairment of the bile flow which can lead to increased oxidant stress, hepatocyte damage and finally cirrhosis. Selegiline is commonly used in management of Parkinson's disease. It has neuroprotective, antiapoptotic and antioxidant properties. The aim of this study was to evaluate the effect of selegiline on liver cholestasis induced by bile duct ligation (BDL) in the rats.

Material and Methods: 30 male Wistar rats were randomly divided into 5 groups (n= 6) including saline, sham + saline, BDL + saline, BDL + Selegiline (0.15 mg/kg) and Selegiline (0.15 mg/kg). Under general anesthesia and sterile condition, laparotomy was done, and bile duct was ligated. After 14 days, liver function tests, serologic tests and serum TNF- α were performed for all groups after taking blood samples. The results were analyzed by one-way ANOVA.

Results: The results of the this study showed that selegiline significantly increased Alb, AST, ALT and ALP in BDL selegiline group compared to BDL+ saline. Also, when compared to saline group, selegiline significantly increased PT.

Conclusion: Selegiline in cholestatic rat model did not show a protective effect on the liver cells and in some cases exacerbated the symptoms.

Key words: Liver damage, Cholestasis, Selegiline, TNF-alpha.

Received: May 25, 2015 **Accepted:** Jul 4, 2016

بررسی اثر سلزلین بر کلستاز کبدی ایجاد شده ناشی از انسداد مجرای صفراوی در

موش صحرایی

اسماعیل ایزدپناه^۱، کامبیز حسن زاده^۱، وحید یوسفی نژاد^۲، کاوه شاه ویسی^۳، نیما فتاحی^۴، محمد رامان مولودی^۲

۱. دانشیار، مرکز تحقیقات علوم سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران.

۲. استادیار، مرکز تحقیقات گوارش و کبد، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران (نویسنده مسئول)، تلفن ثابت: ۰۸۷-۳۳۶۶۴۶۷۴ x.moloudi@muk.ac.ir.

۳. استادیار، مرکز تحقیقات بیماریهای کبد، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

۴. دانشجوی پزشکی، عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران.

چکیده

مقدمه: کبد نقش عمده ای در محافظت انسان در مقابل سموم مختلف و داروها دارد. کلستاز عارضه ایست که با اختلال در جریان صفرا، منجر به افزایش عوامل اکسیدان، آسیب هپاتوسیت ها و نهایتاً سیروز می شود. سلزلین دارویی است که عموماً در درمان بیماری پارکینسون بکار برده می شود و دارای خصوصیات نروپروتکتیو، ضد آپوپتوز و آنتی اکسیدانی است. این مطالعه به منظور بررسی اثر سلزلین بر کلستاز کبدی ایجاد شده ناشی از انسداد مجرای صفراوی^۱ (BDL) در موش های صحرایی نر انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه ۳۰ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار به طور تصادفی به ۵ گروه شامل: گروه سالین، شم + سالین، سالین + BDL، سلزلین (۰/۱۵ mg/kg) + BDL و سلزلین (۰/۱۵ mg/kg) تقسیم شدند. در شرایط استریل، حیوان بیهوش و لاپاراتومی به منظور BDL انجام شد. بعد از ۱۴ روز در تمام گروهها، نمونه خونی جهت بررسی تستهای عملکرد کبدی، سرولوژیک و اندازه گیری مقدار TNF- α ^۲ گرفته شد. نتایج بوسیله آزمون آنالیز واریانس یکطرفه^۳ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها: نتایج این مطالعه نشان داد که سلزلین در گروه سلزلین + BDL بطور معنی داری باعث افزایش سطح ALP^۴، ALT^۵، AST^۶ و آلبومین در مقایسه با گروه سالین + BDL شد. بعلاوه در مقایسه با گروه سالین، سلزلین PPT^۷ را بطور معنی داری افزایش داد.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که سلزلین در مدل کلستازی، نه تنها اثر محافظتی بر روی سلول های کبدی ندارد بلکه باعث تشدید علائم نیز می شود.

کلید واژه ها: آسیب کبدی، کلستاز، سلزلین و فاکتور نکروز دهنده توموری نوع آلفا

وصول مقاله: ۹۵/۳/۵ اصلاحیه نهایی: ۹۵/۴/۹ پذیرش: ۹۵/۴/۱۹

¹ Bill duct ligation

² Tumor Necrosis Factor- alpha

³ One-way ANOVA

⁴ Alkaline Phosphatase

⁵ Alanine Aminotransferase

⁶ Aspartat Aminotransferase

⁷ Prothrombin time

مقدمه

کبد بدلیل سنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها و همچنین ذخیره‌سازی بسیاری از مواد مغذی ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی نقش مهمی در حفظ هموستاز بدن برعهده دارد. سلول‌های کبد نه تنها موجب غیر فعال کردن هورمون‌ها، مواد سمی مانند آمونیاک و داروها می‌شوند، بلکه موادی مانند بیلی‌روبین که حاصل تخریب گلبول‌های قرمز پیر و فرسوده است را از خون گرفته و به همراه مواد دیگری مانند اسیدهای صفراوی و کلسترول به داخل مجاری صفراوی ترشح کرده و از این طریق بخشی از این مواد از بدن دفع می‌شود (۱ و ۲).

اختلال در عملکرد کبد و نقص در تولید، ترشح و جریان صفرا منجر به تجمع کبدی و سیستمیک ترکیبات موجود در صفرا می‌شود که در غلظت‌های غیر فیزیولوژیک، اثرات مخرب و سمی بر روی سلول‌های کبد و سایر بافت‌های بدن دارند (۳). تداوم این پدیده منجر به عارضه کلستاز کبدی می‌شود که طی آن افزایش غلظت صفرا موجب تحریک نوتروفیل‌ها به تجمع در کبد، تولید گونه‌های فعال اکسیژن^۸ (ROS)، التهاب بافتی و توسعه استرس اکسیداتیو می‌شود که نهایتاً منجر به آپوپتوز و نکروز سلول‌های کبدی می‌شود (۴ و ۵). داروهای مورد استفاده در بهبود علائم کلستاز، عبارتند از: فنوباریتال، کلستیرامین، اورسودزوکسی کولیک اسید، آنتاگونیستهای آپوئید و سروتونین که اثرات علامتی داشته و سبب درمان قطعی بیماری نمی‌شوند (۶). از طرفی داروهای مختلفی وجود دارند که بعلاّت اثرات گزارش شده آنها مانند اثرات آنتی‌اکسیدان، محافظت کبدی، ضد آپوپتوز و ضد التهابی کاندید بالقوه جهت استفاده در تخفیف علائم یا بهبودی آسیب کبدی می‌باشند.

داروی سلزلین مهار کننده غیر قابل برگشت آنزیم مونو آمین اکسیداز نوع B^۹ (MAO-B) است که بعلاّت تقویت

اثر دوپامین بطور معمول در درمان بیماری پارکینسون استفاده می‌شود (۷). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که سلزلین غیر از اثرات ذکر شده بر روی دوپامین اثرات سیستمیک دیگری نیز دارد. این اثرات شامل افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در مغز و دیگر اندام‌های حیاتی، اثرات ضد توموری، تعدیل کننده سیستم ایمنی و محافظت در برابر فرایند پیری است (۸). اثرات سلزلین منحصر به تقویت عوامل آنتی‌اکسیدانی نبوده بلکه، تولید رادیکال‌های آزاد را کاهش داده (۹) و مانع آپوپتوز القاء شده ناشی از هیپوکسی و حذف فاکتورهای رشد در محیط کشت سلول می‌شود (۱۰). اثرات ضد آپوپتوزی در غلظت کم سلزلین که برای مهار فعالیت MAO-B کافی نیست، روی می‌دهد (۱۱ و ۱۲). از یک طرف مطالعات انجام شده در رابطه با اثرات سلزلین بر روی کبد سالم و جوان حاکی از بالا رفتن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و جلوگیری از تجمع چربی در کبد (۱۳) و مهار نفوذپذیری میتوکندری در برابر استرس اکسیداتیو (۱۴) و در کبد موش صحرایی پیر باعث کاهش استرس اکسیداتیو، آپوپتوز، پراکسیداسیون لیپیدها و افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز می‌شود (۱۵). از طرف دیگر بیان شده که مهار کردن MAO در کبد باعث بلوک برخی از مسیرهای متابولیسمی مانند تیرامین رژیم غذایی می‌شود که غیر از اثرات موضعی مانند مهار آنزیم‌های میکروزومی و اختلال در عملکرد کبد، باعث اثرات سیستمیک مانند بحران فشار خون بالا می‌شود این اثرات در حالت‌های پاتولوژیک تشدید نیز می‌شود (۱۶) همچنین گزارش شده است که پیش‌درمانی با سلزلین نه تنها منجر به تغییر ROS تولید شده در محیط کشت سلول تحت تاثیر LPS^{۱۰} نشد بلکه فاکتور التهابی نیتریک اکساید القایی را نیز در محیط کشت سلول افزایش داد (۱۷). با توجه به نتایج متفاوت گزارش شده در رابطه با اثرات آنتی-اکسیدان و ضد التهابی سلزلین و شواهد مختلف از اثرات

⁸ Reactive oxygen species

⁹ Monoamine oxidase B

¹⁰ Lipopolysaccharide

آن بر کبد، در این مطالعه اثر سلزلیلین بر آسیب کلستاز کبدی در مدل حیوانی ناشی از انسداد مجرای صفراوی، مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی

در این مطالعه تجربی از ۳۰ سر موش صحرانی نر نژاد ویستار (تهیه شده از مرکز تکثیر و پرورش حیوانات آزمایشگاهی انستیتو پاستور) در محدوده وزنی 250 ± 20 گرم استفاده شد. حیوانات تحت دوره های روشنایی/ تاریکی ۱۲ ساعته با ساعت شروع روشنایی ۸ صبح، دما (23 ± 2 سانتیگراد)، رطوبت ثابت و دسترسی آزادانه به آب و غذا نگهداری شدند. تمام آزمایش ها مطابق با راهنمای مراقبت و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی (نشریه موسسه ملی سلامت شماره ۸۵-۲۳، تجدید نظر شده ۱۹۸۵) و دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی کردستان انجام شد. حیوانات در ۵ گروه ۶ تایی (تعداد نمونه ها بر اساس واریانس کم داده های نتایج مطالعات قبلی و مطالعات حیوانی انجام شده مشابه، انتخاب شد) بصورت کاملاً تصادفی شامل گروه سالین، شم+سالین، سالین+BDL، سلزلیلین ($0/15 \text{ mg/kg}$) BDL+ و سلزلیلین ($0/15 \text{ mg/kg}$) تقسیم شدند (۱۹ و ۱۸). دُز سلزلیلین بکار رفته بر اساس مطالعاتی که در شرایط استرس اکسیداتیو اثر محافظتی آن مشاهده شده استفاده شد (۲۰).

القاء مدل: در دو گروه سالین+BDL و سلزلیلین+BDL، ابتدا با تزریق داخل صفاقی ترکیب کامین (50 mg/kg) و زایلازین (10 mg/kg) به نسبت حجمی ۵ به ۲، حیوانات بیهوش و ناحیه میانی شکم کاملاً تراشیده و ضد عفونی شد. یک شکاف طولی به اندازه ۳ سانتیمتر در خط میانی شکم ایجاد، پوست شکم باز شد. بعد از کنار زدن کبد و پیدا شدن مجرای صفراوی (با کمترین دستکاری احشاء اطراف)، با استفاده از نخ سیلک سه صفر در دو نقطه جداگانه مجرای صفراوی مسدود شده و مابین آن دو نقطه، بوسیله کوتر قطع گردید. بعد از آن جدار شکم بخیه شد. در گروه شم تمام

مراحل بالا به غیر از بستن مجرای صفراوی انجام شد. یک روز بعد از انجام عمل جراحی، تغییر رنگ ادرار و زرد شدن گوش حیوان، نشان دهنده موفقیت در عمل BDL بود. در صورتی که موشها فاقد این علائم بودند از مطالعه خارج می شدند (۱۹). در گروه های سالین، شم+سالین و سالین+BDL، یک روز پس از عمل جراحی بمدت سیزده روز حلال داروی سلزلیلین یعنی نرمال سالین با حجم یکسان بصورت داخل صفاقی تزریق شد.

نمونه گیری: در روز چهاردهم حیوانات بوسیله اتر بیهوش شده از ورید شکمی آنها، خونگیری بعمل آمد. سپس از نمونه های حاصل جهت اندازه گیری آلبومین سرم، PT، ALT، AST، ALP، LDH، بیلیروبین مستقیم^{۱۱} (DB) و بیلیروبین توتال^{۱۲} (TB) استفاده شد. آنزیمها با روش اسپکتروفتومتری (کیت شرکت زیست شیمی) و سطح TNF- α با استفاده از کیت اختصاصی الیزا (cat#ab100784) اندازه گیری شد (۲۱).

آنالیز آماری: نتایج به صورت میانگین \pm خطای استاندارد^{۱۳} (SEM) شاخص ها در هر گروه بیان شد. بعد از اطمینان از نرمال بودن توزیع متغیرهای کمی (با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف)، برای مقایسه های چندگانه از آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و بدنبال آن آزمون تعقیبی Tukeys' برای مقایسه های چندگانه استفاده شد. در همه تحلیل ها $P < 0/05$ معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته ها

در بررسی میزان آلبومین سرم در گروه های مختلف مورد آزمایش مشخص شد که BDL موجب کاهش (نمودار ۱، $p < 0/001$) میزان سرمی آلبومین می شود و تجویز سلزلیلین

¹¹ Direct Bilirubin

¹² Total Bilirubin

¹³ Standard Error of Mean

اثر تجویز سلژیلین می‌باشد. در حالیکه این پدیده در مورد آنزیم LDH صادق نیست، هرچند که تجویز سلژیلین به حیوانات سالم سطح سرمی این آنزیم را نسبت به گروه سالیین بصورت معنی داری ($p < 0.001$) افزایش داد.

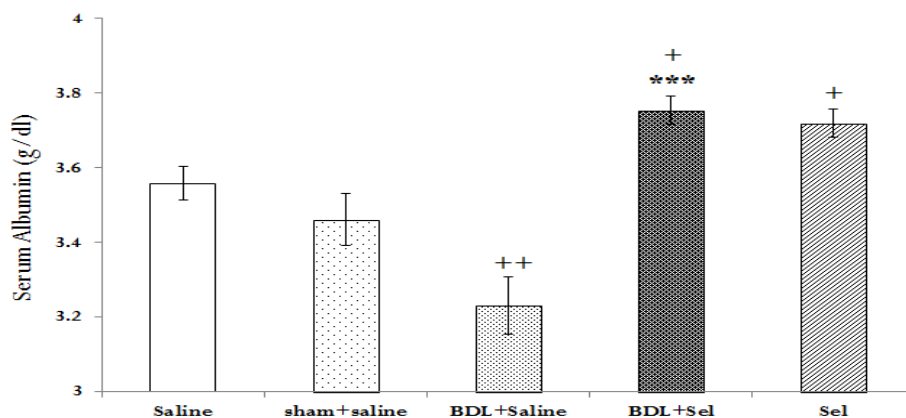
نمودار ۵ سطح بیلروبین کل و مستقیم را در گروه‌های مورد آزمایش نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های نمایش داده شده، تجویز روزانه داخل صفاقی سلژیلین به موش‌های سالم، موجب افزایش معنی دار سطح سرمی بیلروبین کل ($p < 0.01$) و مستقیم ($p < 0.05$) نسبت به گروه سالیین شد. همچنین BDL، بیلروبین کل و مستقیم را در مقایسه با گروه سالیین به صورت معنی داری افزایش داد ($p < 0.001$). تجویز روزانه داخل صفاقی سلژیلین به موش‌های BDL، باعث تشدید افزایش بیلروبین کل و مستقیم در مقایسه با گروه سالیین شد ($p < 0.001$).

در بررسی سطح سرمی فاکتور TNF- α در گروه‌های مورد آزمایش، مشاهده شد که گروه‌های BDL بطور معنی داری (نمودار شماره ۶، $p < 0.001$ و $p < 0.01$) سطح سرمی بالاتری نسبت به گروه سالیین دارند.

در گروه‌های دریافت کننده باعث افزایش (نمودار ۱، $p < 0.05$) این فاکتور در مقایسه با گروه سالیین شد.

با مقایسه شاخص PT مابین گروه‌ها مشخص شد که هم BDL و هم تجویز سلژیلین، این شاخص را بطور معنی داری (نمودار ۲، $p < 0.001$) در مقایسه با گروه سالیین افزایش داد. میزان سرمی آنزیم‌های ALT و AST در گروه‌های آزمایش همراه با تغییرات مهمی بود. یکی از این تغییرات افزایش معنی دار (نمودار ۳، $p < 0.001$) میزان این آنزیم‌ها در گروه‌های BDL+Selin و BDL+Selin نسبت به گروه سالیین بود. دیگر تغییر قابل توجه افزایش شاخص (نمودار ۳، $p < 0.001$) میزان این آنزیم‌ها در گروه BDL+Selin در مقایسه با گروه BDL+Selin بود.

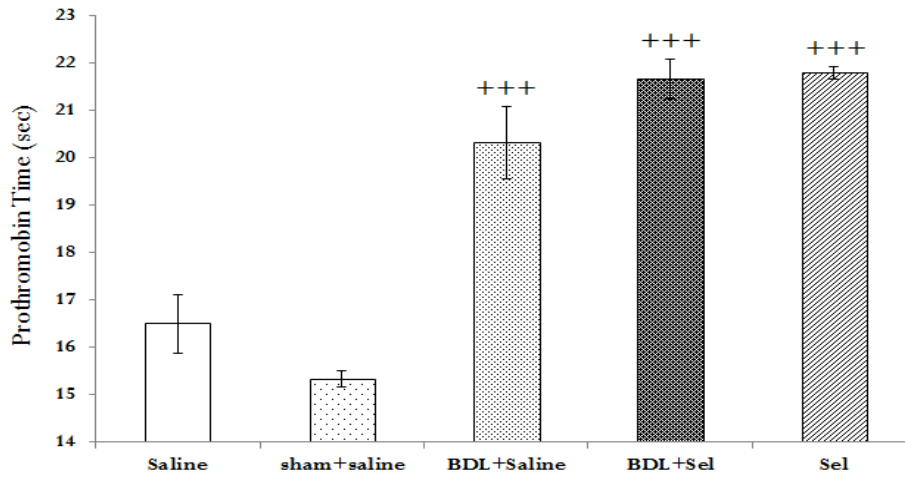
نمودار ۴ نشان دهنده مقدار سرمی آنزیم‌های LDH و ALP گروه‌های مختلف مورد مطالعه است. مقدار آنزیم‌های ALP و LDH سرمی در اثر BDL، نسبت به گروه سالیین بصورت واضح ($p < 0.001$) افزایش یافت. همچنین در مقایسه بین گروه‌های BDL در آنزیم ALP، تغییرات ایجاد شده حاکی از افزایش معنی دار ($p < 0.001$) مقدار سرمی این آنزیم در



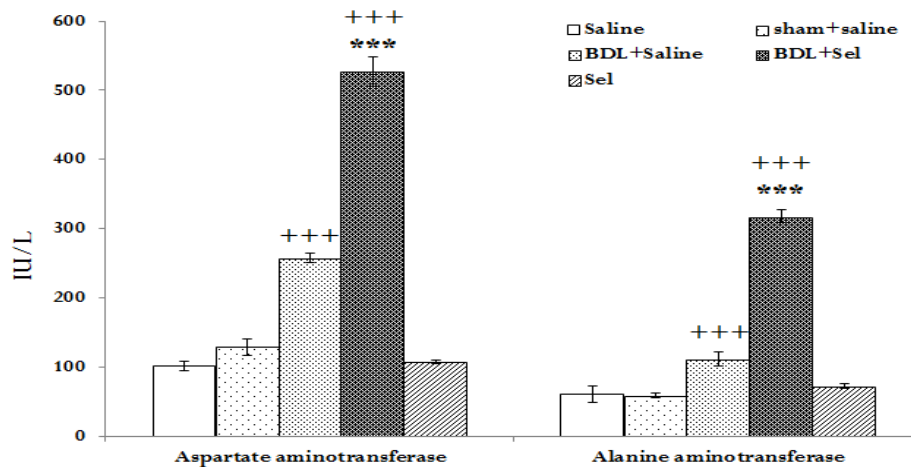
نمودار ۱. نمودار ستونی (Mean \pm SEM) مقایسه میزان آلبومین سرم در گروه‌های مختلف آزمایش (n=6). علامت * $P < 0.05$ و ** $P < 0.01$

نشانهگر وجود رابطه معنی دار با گروه سالیین و *** $P < 0.001$ نشانهگر وجود رابطه معنی دار با گروه BDL+Selin می‌باشد. (Sel =

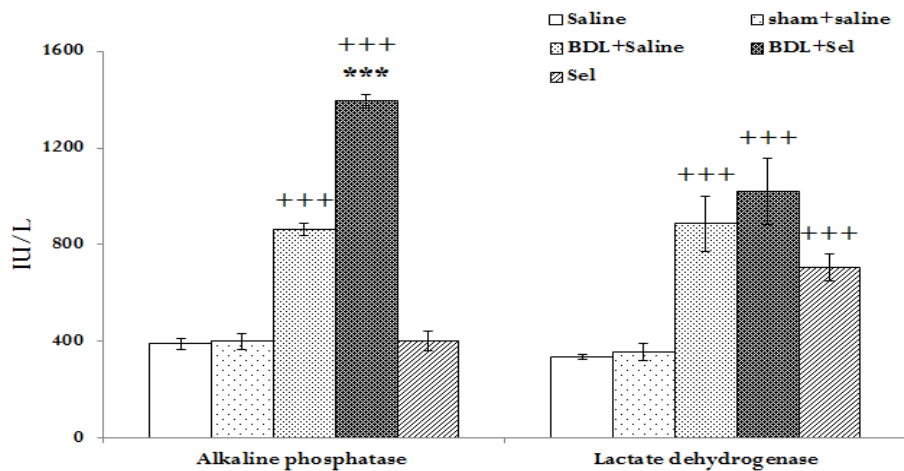
Selegiline, BDL = Bile Duct Ligation)



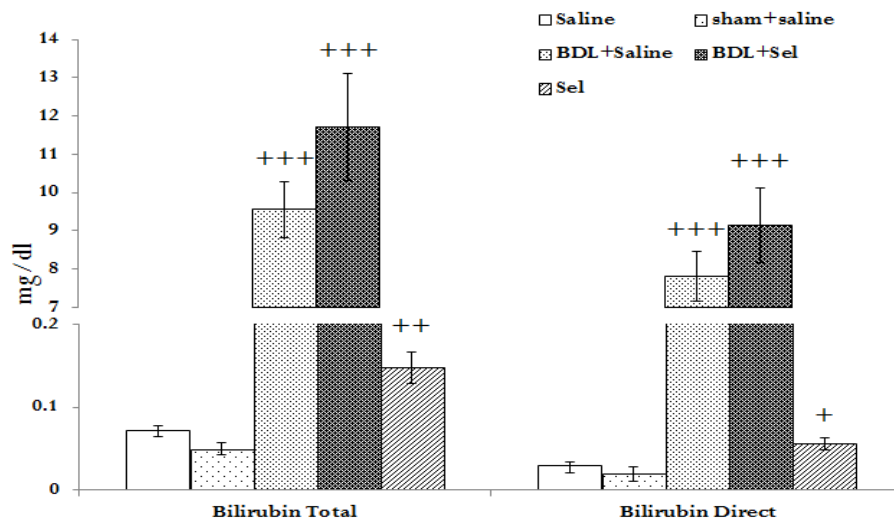
نمودار ۲. نمودار ستونی (Mean±SEM) مقایسه زمان پروترومبین در گروههای مختلف آزمایش (n=6). علامت $^{++++}P < 0.001$ نشانگر وجود رابطه معنی دار با گروه سالین می باشد. (Sel= Selegiline, BDL= Bile Duct Ligation).



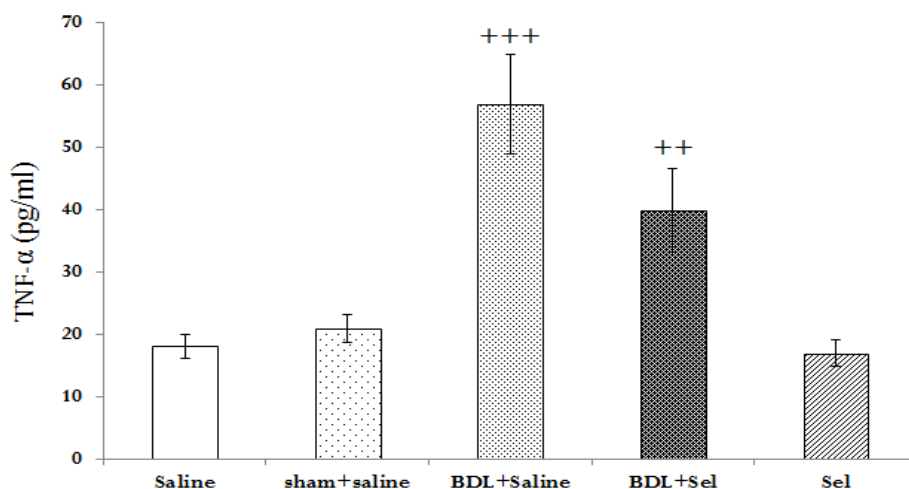
نمودار ۳. نمودار ستونی (Mean±SEM) مقایسه میزان AST و ALT سرم در گروههای مختلف آزمایش (n=6). علامت $^{++++}P < 0.001$ نشانگر وجود رابطه معنی دار با گروه سالین و $^{***}P < 0.001$ نشانگر وجود رابطه معنی دار با گروه BDL+سالین می باشد. (Sel= Selegiline, BDL= Bile Duct Ligation)



نمودار ۴. نمودار ستونی مقایسه میزان ALP و LDH سرم در گروههای مختلف آزمایش (n=6). علائم $^{+++}P < 0.001$ نشانگر وجود رابطه معنی دار با گروه سالین و $^{+++}P < 0.001$ نشانگر وجود رابطه معنی دار با گروه BDL+سالین می باشد. (Sel= Selegiline, BDL= Bile Duct Ligation)



نمودار ۵. نمودار ستونی مقایسه میزان بیلی روبین توتال و مستقیم در گروههای مختلف آزمایش (n=6). علائم $^{+++}P < 0.001$ ، $^{++}P < 0.01$ و $^{+}P < 0.05$ نشانگر وجود رابطه معنی دار با گروه سالین می باشد. (Sel= Selegiline, BDL= Bile Duct Ligation)



نمودار ۶. نمودار ستونی مقایسه سطح سرمی TNF- α در گروه‌های مختلف آزمایش (n=6). علائم $P < 0.01$ و $P < 0.001$ نشانگر وجود رابطه معنی‌دار با گروه سالین می‌باشد. (Sel = Selegiline, BDL = Bile Duct Ligation)

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که انسداد مجرای صفراوی، سبب افزایش شاخص‌های عملکرد کبدی، از جمله ALT، AST، ALP و LDH شد. از طرفی کاهش معنی‌دار آلبومین سرم و افزایش PT نشانگر اختلال در عملکرد تولید پروتئین‌های پلاسمایی و انعقادی در اثر BDL است. این وقایع بعلاوه افزایش سطح سرمی TNF- α در مجموع تایید کننده آسیب کبدی و ایجاد مدل کلستاز می‌باشد. این یافته‌ها نشان دهنده القای صحیح مدل کلستاز کبدی بوده و با نتایج مطالعات قبلی همخوانی دارد (۱۹ و ۲۰). از دیگر یافته‌های این مطالعه این بود که سلژیلین نه تنها در غلظت بکار رفته باعث بهبود شاخص‌های عملکردی کبد نشد، بلکه بیشتر شاخص‌های بررسی شده را افزایش داد.

اثرات محافظتی گزارش شده از سلژیلین بر روی بافت‌های مختلف بدن نشان می‌دهد، سلژیلین دارای اثرات آنتی-اکسیدان، محافظت نورونی و ضد آپوپتوزی بوده و سلول‌های عصبی را در اختلالات عصبی مرتبط با سن مانند بیماری پارکینسون محافظت می‌کند (۲۲). این اثرات منحصر به یک بافت یا ارگان خاص نبوده و تاثیر آن بر

روی چرخه سلولی، تمایز و تکثیر سلولها بواسطه افزایش بیان فاکتورهای رشد سلولی عنوان شده است (۲۳ و ۲۴). با این وجود مطالعاتی نیز وجود دارند که نشان می‌دهند تجویز طولانی مدت سلژیلین باعث افزایش غلظت TNF- α و اینترلوکین ۱- در بافت‌های خارج مغزی مانند قلب، کلیه‌ها، غدد آدرنال و طحال می‌شود (۲۵). یکی از علل نتایج متفاوت گزارش شده در این مطالعه نسبت به مطالعات قبلی اینست که، زمانی که اختلال کبدی بوجود می‌آید، میزان فعالیت آنزیمهای متابولیزه کننده داروها بسته به شدت عارضه کاهش می‌یابد. این تغییر منجر به کاهش کلیرانس داروها شده و در این شرایط اثرات تجمعی دژ داروی تجویز شده نیز خود منجر به تشدید عارضه می‌شود (۲۶). به نظر می‌رسد اثرات محافظت بافتی سلژیلین تا حدود زیادی مربوط به قبل از ایجاد عارضه و نقش آن در جلوگیری از بوجود آمدن یا تخفیف علایم می‌باشد (۲۷) و در صورت ایجاد اختلال کبدی سلژیلین احتمالاً کارایی در رابطه با اثرات آنتی اکسیدانی و محافظت بافتی نداشته باشد (۲۸).

سلژیلین توسط آنزیم CYP₄₅₀ و بر اساس مسیرهای وابسته، به سه متابولیت دس-متیل سلژیلین، ال مت آمفتامین و مت

مربوط به نوع مداخله در اکثر مطالعات قبلی است که موارد استفاده از آن بیشتر بصورت پیش درمانی بوده و اثرات محافظتی در جلوگیری از ایجاد عارضه بوده است. در حالیکه استفاده بصورت درمانی در بیماری کلستاز که در آن توانایی سلول‌های کبدی در غیر فعال سازی داروها کاهش یافته اثرات ناخواسته و تشدید علائم کلستاز ناشی از غلظت سمی سلزلین را نیز در پی دارد (۲۸).

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که سلزلین در مدل کلستازی، نه تنها اثر محافظتی بر روی سلول‌های کبدی ندارد بلکه باعث تشدید علائم نیز می‌شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بدینوسیله مراتب تشکر و سپاس خود را از مرکز تحقیقات گوارش و کبد و همچنین کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، به خاطر حمایت های مالی اعلام می‌دارند.

آمفتامین متابولیزه می‌شود. در این مسیر آنزیمهای CYP_{3A4}، CYP_{2C19} و CYP_{1A2} درگیر هستند (۳۰ و ۲۹). این آنزیم‌ها گروهی از هم-پروتئین‌ها هستند که با متابولیسم اکسیداتیو باعث کاتالیز تبدیل ترکیبات مختلف درونزاد و برونزاد در کبد می‌شوند. سیتوکروم‌ها از طریق تبدیل داروها به مواد قابل دفع از بدن نقش مهمی در متابولیسم آنها برعهده دارند. این آنزیمها در مقابل عوامل مخرب و بسیاری از ریسک فاکتورها قدرت عملکردی و مقاومت قابل توجهی را دارا هستند. اما با ایجاد اختلال و بیماری و تداوم آن محتوای سیتوکروم‌ها و عملکرد آنها کاهش می‌یابد در نتیجه در مسیر متابولیسمی داروها اختلال بوجود آید (۳۱). از طرف دیگر در اختلالات کبدی اسیدهای صفراوی و بیلیروبین افزایش یافته، که خود بعنوان مهمترین عوامل شروع استرس اکسیداتیو در بافت کبد ذکر شده‌اند. اسیدهای صفراوی دارای پتانسیل بالقوه در مهار آنزیم CYP₄₅₀ کبدی است که این اثر کاملاً وابسته به دُز بوده و با افزایش غلظت اسیدهای صفراوی تشدید می‌شود (۳۲). علیرغم نتایج مثبت محافظت بافتی منتشر شده ناشی از پیش درمانی با این دارو در جلوگیری از ایجاد عوارض و اختلالات عملکردی، تضعیف و مهار آنزیم CYP₄₅₀ در نتیجه تجمع اسیدهای صفراوی و کلستاز کبدی از یک طرف و پنجره درمانی محدود^{۱۴} این دارو از طرف دیگر، ممکن است از علل احتمالی عدم کارایی این دارو در بهبود یا تخفیف علائم ضایعه ایجاد شده کبدی ناشی از انسداد مجرای صفراوی باشد (۳۳ و ۱۷). در همین رابطه گزارش شده است که بعلت شاخص درمانی کوچک^{۱۵} با افزایش غلظت سلزلین، نه تنها فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تقویت نمی‌شود، بلکه در عمل بعلت افزایش و سمی شدن غلظت آن نتایج معکوس را نیز بدنبال دارد (۳۴). لذا یکی از دلایل مهم احتمالی نتایج متفاوت بدست آمده از سلزلین در غلظت بکار برده شده در کلستاز کبدی، بر خلاف اثرات مثبت آن در سایر بافتها،

¹⁴ Narrow Therapeutic Window

¹⁵ Narrow therapeutic index

Reference

1. Gaskari SA, Honar H, Lee SS. Therapy insight: cirrhotic cardiomyopathy. *Nature Clinical Practice Gastroenterology & Hepatology* 2006;3:329-37.
2. Nabavizadeh F, Moloudi R, Dehpour AR, Nahrevanian H, Shahvaisi K, Salimi E. The effects of cholestasis and cirrhosis on gastric acid and pepsin secretions in rat: Involvement of nitric oxide. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 2010;13:207-12.
3. Crocenzi FA, Zucchetti AE, Boaglio AC, Barosso IR, Sanchez PE, Mottino AD, et al. Localization status of hepatocellular transporters in cholestasis. *Frontiers in Bioscience (Landmark edition)* 2011;17:1201-18.
4. Khastar H, Kadkhodae M, Sadeghipour, H R, Seifi B, Hadjati J, Najafi A and et al. Liver oxidative stress after renal ischemia-reperfusion injury is leukocyte dependent in inbred mice. *Journal of Basic Medical Sciences* 2011;14:534-539.
5. Jaeschke H. Reactive oxygen and mechanisms of inflammatory liver injury: Present concepts. *Journal of Gastroenterology and Hepatology* 2011;26:173-9.
6. Dillon S, Tobias JD. Ondansetron to treat pruritus due to cholestatic jaundice. *The Journal of Pediatric Pharmacology and Therapeutics* 2013;18:241-346.
7. Magyar K, Palfi M, Tabi T, Kalasz H, Szende B, Szoko E. Pharmacological aspects of (-)-deprenyl. *Current Medicinal Chemistry*. 2004;11:2017-31.
8. Kitani K, Minami C, Isobe K-i, Maehara K, Kanai S, Ivy GO, et al. Why (-)-deprenyl prolongs survivals of experimental animals: increase of anti-oxidant enzymes in brain and other body tissues as well as mobilization of various humoral factors may lead to systemic anti-aging effects. *Mechanisms of Ageing and Development* 2002;123:1087-100.
9. Izadpanah E, Fathi F, Hassanzadeh K, Asgari A. Assessment of simultaneous injection of neural stem cells and (-)-deprenyl to improve contusive spinal cord injury in rats. *Yakhteh* 2010;12:411-420.
10. Xu L, Ma J, Seigel GM, Ma J-x. L-Deprenyl, blocking apoptosis and regulating gene expression in cultured retinal neurons. *Biochemical Pharmacology* 1999;58:1183-90.
11. Izadpanah E, Fathi F, Rezaie M J, Asgari A. Assessment of functional recovery of contusive spinal cord injury by administration of (-)-deprenyl in rats *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences* 2009;14: 1-10
12. Lu D, Johnson C, Johnson S, Tazik S, Ou X-M. The neuroprotective effect of antidepressant drug via inhibition of TIEG2-MAO B mediated cell death. *Drug Discoveries & Therapeutics* 2008;2:289.
13. Bekesi G, Tulassay Z, Lengyel G, Schaff Z, Szombath D, Stark J, et al. The effect of selegiline on total scavenger capacity and liver fat content: a preliminary study in an animal model. *Journal of Neural Transmission* 2012;119:25-30.
14. De Marchi U, Pietrangeli P, Marcocci L, Mondovì B, Toninello A. L-Deprenyl as an inhibitor of menadione-induced permeability transition in liver mitochondria. *Biochemical Pharmacology* 2003;66:1749-54.
15. Khastar H, Kadkhodae M, Sadeghipour H R, Seifi B, Hadjati J, Delavari F and et al. Leukocyte involvement in renal reperfusion-induced liver damage. *Renal Failure*. 2011;33:79-83.
16. McCabe-Sellers BJ, Staggs CG, Bogle ML. Tyramine in foods and monoamine oxidase inhibitor drugs: a crossroad where medicine, nutrition, pharmacy, and food industry converge. *Journal of Food Composition and Analysis* 2006;19:S58-S65.

17. Tsao C-M, Jhang J-G, Chen S-J, Ka S-M, Wu T-C, Liaw W-J, et al. Adjuvant potential of selegiline in attenuating organ dysfunction in septic rats with peritonitis. *PloS One* 2014;9:e108455.
18. Moloudi R, Nabavizadeh F, Nahrevanian H, Hassanzadeh G. Effect of different doses of GLP-2 (Teduglutide) on acute esophageal lesion due to acid-pepsin perfusion in male rats. *Peptides* 2011;32:2086-90.
19. Moloudi MR, Hassanzadeh K, Rouhani S, Zandi F, Ahmadi A, Khalwatian P, et al. Effect of chloroformic extract of *Cichorium intybus* on liver function tests and serum level of TNF- α in obstructive cholestasis in rat. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences* 2014;19:10-9.
20. Kadkhodae M, Khastar H, Seifi B, Najafi A, Delavari F. Renal oxidative injury after leukocyte transfer from ischemia-reperfusion-induced kidney damage in Balb/c mice *Acta Physiologica Hungarica* 2013;100:99-106.
21. Hassanzadeh A, Shahvaisi K, Hassanzadeh K, Izadpanah E, Amini A, Moloudi MR. Effects of rebamipide and encapsulating rebamipide with chitosan capsule on inflammatory mediators in rat experimental colitis. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences* 2015;20:94-104.
22. de Lima MNM, Laranja DC, Caldana F, Grazziotin MM, Garcia VA, Dal-Pizzol F, et al. Selegiline protects against recognition memory impairment induced by neonatal iron treatment. *Experimental Neurology* 2005;196:177-83.
23. Hassanzadeh K, Moloudi R, Nikzaban M, Moghbel H, Izadpanah E. Selegiline increases the mouse neural stem cell differentiation into neurons. *Journal of Isfahan Medical School* 2014;32:212-9.
24. Hassanzadeh K, Nikzaban M, Moloudi MR, Izadpanah E. Effect of selegiline on neural stem cells differentiation: a possible role for neurotrophic factors. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 2015;18:549-554.
25. Minami C, Kitani K, Maruyama W, Yamamoto T, Carrillo M, Ivy G, editors. Three different propargylamines share properties of increasing antioxidant enzyme activities in dopaminergic brain regions as well as extra-brain tissues in the rat. *Abstr. 29th Annual Meeting of American Aging Assoc*; 2000.
26. Elbekai RH, Korashy HM, El-Kadi AO. The effect of liver cirrhosis on the regulation and expression of drug metabolizing enzymes. *Current Drug Metabolism* 2004;5:157-67.
27. Horváthová F, Danielisová V, Domoráková I, Solár P, Rybárová S, Hodorová I, et al. The effect of R-Deprenyl administration on antioxidant enzymes in rat testis. *European Journal of Pharmacology* 2016;788:21-8.
28. Ferro JM, Viana P, Santos P. Management of neurologic manifestations in patients with liver disease. *Current Treatment Options in Neurology* 2016;18:1-17.
29. Azzaro AJ, Ziemniak J, Kemper E, Campbell BJ, VanDenBerg C. Selegiline transdermal system: An examination of the potential for CYP450-dependent pharmacokinetic interactions with 3 psychotropic medications. *The Journal of Clinical Pharmacology* 2007;47:146-58.
30. Taavitsainen P, Anttila M, Nyman L, Karnani H, Salonen JS, Pelkonen O. Selegiline metabolism and cytochrome P450 enzymes: In vitro study in human liver microsomes. *Pharmacology & Toxicology*. 2000;86:215-21.
31. Bastien M-C, Leblond F, Pichette V, Villeneuve J-P. Differential alteration of cytochrome P450 isoenzymes in two experimental models of cirrhosis. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 2000;78:912-9.

32. Hrycay E, Forrest D, Liu L, Wang R, Tai J, Deo A, et al. Hepatic bile acid metabolism and expression of cytochrome P450 and related enzymes are altered in Bsep^{-/-} mice. *Molecular and Cellular Biochemistry* 2014;389:119-32.
33. Anttila M, Sotaniemi EA, Pelkonen O, Rautio A. Marked effect of liver and kidney function on the pharmacokinetics of selegiline. *Clinical Pharmacology & Therapeutics* 2005;77:54-62.
34. Carrillo M-C, Kanai S, Kitani K, Ivy G. A high dose of long term treatment with deprenyl loses its effect on antioxidant enzyme activities as well as on survivals of Fischer-344 rats. *Life Sciences* 2000;67:2539-48.