

Investigating the effect of aerobic exercise combined with berberine chloride consumption on liver cell apoptosis in diabetic male Wistar rats with streptozotocin

Mohsen Ghadimi¹, Alireza Elmieh^{2*}, Farhad Rahmani nia³, Mohammad Ali Azarbayjani⁴

1. Department of Physical Education, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht,Iran
2. Department of Physical Education, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht,Iran
3. Department of Sport Physiology, Physical Education Faculty, Gilan university
4. Department of Physical Education, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran,Iran

Abstract

Aim and Background: Diabetes is a chronic disease that affects the metabolism of sugar or blood glucose. This disease is caused by insulin resistance in the body. Diabetes can lead to various complications in the body, including liver damage. Berberine reduces the amount of damage caused by oxidative stress on mitochondria and increases the antioxidant capacity of liver tissue. exercise training causes mitochondrial biogenesis in diabetic patients. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of aerobic exercise with different doses of berberine chloride on the apoptosis of liver cells in diabetic male rats with streptozotocin.

Material and methods: In this experimental study, 64 male Wistar rats were randomly divided into 8 groups of 8. The groups include the control group, diabetic, diabetic and taking berberine chloride with a dose of 15 mg/kg, diabetic and taking berberine chloride with a dose of 30 mg/kg, diabetic with aerobic exercise, taking berberine chloride with a dose of 15 mg/kg, diabetic with aerobic exercise and the consumption of berberine chloride with a dose of 30 mg/kg, diabetics with aerobic exercise and the control group with aerobic exercise were divided. Intraperitoneal injection of streptozotocin 60mg/kg was used to make diabetic groups diabetic. Berberine chloride (15 and 30 mg/Kg) was taken orally by gavage once a day. The exercise groups performed aerobic exercise for 6 weeks with an intensity of 50-55% of maximum oxygen consumption. 48 hours after the last training session, the liver tissue was extracted to check the changes of caspase3 protein. Using the TUNEL method, the amount of apoptosis in the liver tissue was evaluated. Data were analyzed using one-way analysis of variance and Tukey's follow-up test.

Results: In the present study, diabetic rats showed a significant increase in liver tissue apoptosis and caspase3 protein expression. Treatment of diabetic animals with berberine in doses of 15 and 30 mg/kg led to a significant reduction of apoptotic cells in diabetic rats. The expression of caspase3 protein in the diabetic group with aerobic exercise and berberine chloride consumption at a dose of 30 mg/kg was significantly decreased compared to the diabetic group and berberine chloride consumption at a dose of 15 mg/kg.

Conclusion: It seems that the treatment of diabetic rats with berberine chloride together with exercise activity was able to prevent the occurrence of apoptosis in the liver tissue and improve the liver damage caused by diabetes.

Keywords: aerobic exercise, berberine chloride, apoptosis, caspase 3, diabetic rats, Iau Science.

Corresponding author:

Department of Physical Education, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht,Iran

Email: elmieh@iaurasht.ac.ir

بررسی تاثیر توامان تمرین هوازی با مصرف بربرین کلراید

بر آپوپتوز سلول‌های کبدی در رت‌های نر ویستار دیابتی شده با استرپتوزوتوسین

محسن قدیمی^۱، علیرضا علمیه^{۲*}، فرهاد رحمانی نیا^۳، محمدعلی آذربایجانی^۴

۱. گروه تربیت بدنی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۲. گروه تربیت بدنی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۳. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان

۴. گروه تربیت بدنی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: دیابت یک بیماری مزمن است که بر روی متابولیسم قند یا گلوکز خون تاثیر می‌گذارد. این بیماری در شرایط مقاومت به انسولین در بدن ایجاد می‌شود. دیابت می‌تواند منجر به عوارض گوناگونی در بدن از جمله آسیب کبدی شود. بربرین میزان آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو بر روی میتوکندری را کاهش و توان آنتی‌اکسیدانی بافت کبد را افزایش می‌دهد. تمرین ورزشی در بیماران دیابتی باعث بیوژنز میتوکندریایی می‌شود. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر تمرین هوازی همراه با مصرف بربرین کلراید با دوز متفاوت بر آپوپتوز سلول‌های کبدی در رت‌های نر دیابتی شده با استرپتوزوتوسین بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی ۶۴ رت نر ویستار به صورت تصادفی به ۸ گروه ۸ تایی تقسیم شدند. گروه‌ها شامل گروه کنترل، دیابتی، دیابتی و مصرف بربرین کلراید با دوز ۱۵ mg/kg، دیابتی و مصرف بربرین کلراید با دوز ۳۰ mg/kg، دیابتی با تمرین هوازی مصرف بربرین کلراید با دوز ۱۵ mg/kg، دیابتی با تمرین هوازی و مصرف بربرین کلراید با دوز ۳۰ mg/kg، دیابتی با تمرین هوازی و گروه کنترل با تمرین هوازی تقسیم شدند. برای دیابتی کردن گروه‌های دیابتی از تزریق داخل صفاقی استرپتوزوتوسین ۶۰ mg/Kg در رت‌ها استفاده شد. بربرین کلراید (۱۵ و ۳۰) یک بار در روز به صورت خوراکی به صورت گاوآژ خوراندند. گروه‌های تمرین به مدت ۶ هفته تمرین هوازی با شدت ۵۰-۵۵ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه انجام دادند. ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، بافت کبد برای بررسی تغییرات پروتئین caspase3 استخراج گردید. با استفاده از روش TUNEL میزان آپوپتوز در بافت کبد ارزیابی شد. داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: در مطالعه حاضر موش‌های دیابتی افزایش معنی‌داری را در آپوپتوز بافت کبد و بیان پروتئین caspase3 نشان دادند. تیمار حیوانات دیابتی با بربرین در دوز ۱۵ و ۳۰ mg/Kg منجر به کاهش معنی‌دار سلول‌های دچار آپوپتوز در موش‌های دیابتی گردید. بیان پروتئین caspase3 در گروه دیابتی با تمرین هوازی و مصرف بربرین کلراید با دوز ۳۰ mg/kg نسبت به گروه دیابتی و مصرف بربرین کلراید با دوز ۱۵ mg/kg کاهش معنی‌داری داشت.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد بربرین کلراید همراه با فعالیت ورزشی توانسته است از بروز آپوپتوز در بافت کبد پیشگیری کند و آسیب کبد ناشی از دیابت را بهبود بخشد.

واژگان کلیدی: تمرین هوازی، بربرین کلراید، آپوپتوز، caspase3، رت‌های دیابتی، Iau Science

مقدمه

دیابت یک اختلال متابولیکی رو به افزایش است که در نتیجه نقص در ترشح یا سیگنالینگ انسولین منجر به هیپرگلیسمی مزمن همراه با اختلال در متابولیسم کربوهیدرات، چربی و پروتئین‌ها می‌شود (۱). در این بیماری پلی ژنتیک و چند

نویسنده مسئول:

گروه تربیت بدنی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

پست الکترونیکی: elmieh@iaurasht.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۷

داده‌اند که تمرین هوازی التهاب، فشار اکسیداتیو و آپوپتوز را کاهش و همچنین در بیماران کبدی باعث بیوزن میتوکندریایی می‌گردد (۱۴).

به طور سنتی، از گیاهان دارویی برای کاهش قند خون و بهبود اختلالات کبدی، استفاده شده است. این داروهای گیاهی به خاطر کم بودن اثرات جانبی، در دسترس بودن و موثر بودن نسبت به داروهای شیمیایی، به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۵). بربرین به عنوان یک نمک آلکالوئیدی می‌باشد که به خاطر خواص آنتی‌اکسیدانی (۱۶)، آنتی‌باکتریال (۱۷)، ضد التهابی (۱۶)، ضد تومور (۱۸)، ضد چربی خون (۱۹) و ضد دیابت (۲۰) آن شناخته می‌شود. بربرین کلراید یکی از مکمل‌های مفید می‌باشد که از گیاه زرشک به دست می‌آید (۲۱). مطالعات نشان داده که بربرین از طریق کاهش التهاب و فشار اکسایشی باعث محافظت کبد در برابر سمیت ناشی از استرپتوزوسین که یک داروی القا کننده دیابت است، می‌گردد (۲۲). همچنین پژوهش‌ها نشان داده اند که بربرین، آنیون‌های سوپر اسید و اکسید نیتریک را دفع کرده و باعث از بین رفتن رادیکال آزاد می‌شود (۱۶،۲۳). به نظر می‌رسد بربرین کلراید و تمرینات ورزشی هوازی به دلیل داشتن مسیرها و مکانیسم‌های مشترک می‌توانند هر کدام به عنوان یک مکمل کمک درمانی در اختلالات کبدی ناشی از دیابت مورد استفاده شوند. در این راستا با توجه به اینکه تا کنون اثرات توامان بربرین کلراید و تمرینات هوازی با همدیگر در زمینه بهبود استرس اکسیداتیو، التهاب و آپوپتوز در پاتوفیزیولوژی آسیب‌های ناشی از بیماری دیابت شناخته نشده است، تحقیق حاضر در صدد آن است که اثر توامان تمرین هوازی و مصرف بربرین کلراید بر آپوپتوز سلول‌های کبدی در رت‌های نر ویستار دیابتی شده با استرپتوزوتوسین (STZ) را بررسی کند.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع مداخله‌ای- تجربی و از نوع آزمایشگاهی می‌باشد. همه آزمایش‌های مربوط به حیوانات براساس خط مشی‌های قرارداد هلسینکی انجام شد و قوانین راهنمای انستیتوی ملی سلامت در نگهداری حیوانات آزمایشگاهی رعایت شده است. تمامی حیوانات با چرخه روشنایی- تاریکی ۱۲ ساعته و دسترسی آزاد به آب و غذا نگهداری شدند. جامعه آماری عبارت از ۶۴ رت نر ویستار خریداری شده از انستیتو

عاملی علاوه بر عوامل ژنتیکی و محیطی، چاقی و عدم فعالیت جسمانی نیز در ایجاد آن نقش دارد و منجر به اختلالاتی از جمله نفروپاتی، رتیئوپاتی، آترواسکلروز و هیپاتوپاتی می‌شود (۲،۳). بسیاری از بیماری‌های ناشی از دیابت مانند بیماری‌های قلبی عروقی و بیماری‌های کبدی، کیفیت زندگی و امید به زندگی این بیماران را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۴). کبد اندامی موثر در متابولیسم می‌باشد و در حفظ و برقراری سطح گلوکز خون در محدوده طبیعی موثر است. افزایش قند خون منجر به عدم تعادل در واکنش‌های اکسیداسیون- احیاء در درون هیپاتوسیت‌ها می‌شود که در نهایت منجر به آسیب سلول‌های کبد می‌شود (۵). دو فرآیند در ایجاد ضایعات کبدی نقش دارد. یک حالت نقص متابولیکی است که در تمام بیماران اتفاق می‌افتد و احتمالاً مربوط به محصولات نهایی گلیکوزیلاسیون پیشرفته است که مسئول افزایش فیبروز کبدی می‌باشد و دیگری افزایش استرس اکسیداتیو است که مهم‌ترین عامل مرگ سلولی می‌باشد (۶). اعتقاد پژوهشگران بر این است که تولید ROS^۱ و رادیکال‌های آزاد، منجر به تشدید آسیب بافت کبد و تحریک مرگ سلولی برنامه‌ریزی شده یا آپوپتوز در بیماران مبتلا به دیابت می‌شود. استرس اکسیداتیو می‌تواند باعث فعال شدن انواع پاسخ‌های سلولی مانند بیان غیرطبیعی پروتئین‌ها و اختلال در میتوکندری شود که در نهایت منجر به آپوپتوز یا مرگ سلولی می‌گردد (۷،۸). فاکتورهای پروآپوپتوز مانند Bax باعث نفوذپذیری غشای بیرونی میتوکندری و به دنبال آن، انتشار سیتوکروم C به داخل سیتوزول می‌شوند که در نهایت باعث فعال شدن caspase9 و سپس caspase3 می‌گردد (۹). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که caspase3 از هر دو طریق مسیر داخلی و مسیر خارجی منجر به تخریب DNA می‌شود (۱۰،۱۱). هیپاتوپاتی دیابتی به‌عنوان یک ضایعه بسیار مهم، توسط محققان متعددی مورد بررسی قرار گرفته به طوری که سعی در کاهش ضایعات بافت کبد بیماران مبتلا به دیابت از دیرباز آرزوی تمام پژوهشگران سراسر جهان بوده است. محققان تا به حال نتوانسته اند به شکل مناسبی عوارض جانبی برخی از داروها که برای جلوگیری و کنترل اختلالات کبدی حاصله از دیابت استفاده می‌شوند را در بافت کبد کاهش دهند، تا اینکه اخیراً نقش تمرینات ورزشی منظم در پیشگیری از آن مطرح شده است (۱۲). تمرین هوازی می‌تواند یک روش غیردارویی موثر برای کنترل و بهبود بیماری‌های کبد ناشی از دیابت باشد (۱۳). بعضی از تحقیقات نشان

¹ Reactive Oxygen Species

روش القای دیابت

در این مطالعه موش‌های صحرایی با استفاده از داروی STZ (۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم) حل شده در بافرسیترات به صورت داخل صفاقی، دیابتی شدند (۲۴). بعد از گذشت ۷۲ ساعت از تزریق STZ، غلظت گلوکز خون پس از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه با ایجاد جراحت کوچک بوسیله لانست در ناحیه دم موش و با استفاده از دستگاه گلوکومتر (ساخت ژاپن) قرائت و قندخون بالای ۳۰۰ میلی گرم در دسی لیتر، به‌عنوان شاخص دیابتی شدن در نظر گرفته شد. ارزیابی گلوکز خون در هر هفته به همان تکنیک توضیح داده شده عمل گردید.

بربرین کلراید

مکمل مورد استفاده پودر بربرین کلراید هیدرات شده از گیاه زرشک با درجه خلوص ۹۰٪ بود. این پودر به اندازه‌ی مورد نیاز در محلول نرمالین سالین حل می‌شد. سپس محلول آماده شده با دوزهای ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن و در تمام روزهای هفته و به مدت شش هفته به صورت خوراکی (گاواژ) قبل از تمرین به گروه‌های مورد نظر خوراند می‌شد (۲۵).

پروتکل تمرینی

در پژوهش حاضر، از شدت تمرینی متوسط (۵۵-۵۰ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه) و در عین حال کارآمد از لحاظ فیزیولوژیک استفاده گردید (جدول ۱). بدین صورت که گروه‌های تمرینی به مدت شش هفته در معرض تمرین نوارگردان (ساخت شرکت برج صنعت آزما مدل T.S8000) با شدت متوسط برای پنج روز در هفته و با تواتر سه روز تمرین و یک روز استراحت قرار گرفتند. در هر جلسه تمرین، ۵ دقیقه برای گرم کردن و ۵ دقیقه برای سرد کردن با سرعت ۴-۵ متر بر دقیقه در نظر گرفته شد که این مدت به زمان اصلی تمرین اضافه گردید. سرعت و مدت زمان تمرین به تدریج مطابق با جدول ۱ افزایش یافت. همچنین حین برنامه تمرینی از هیچ نوع شوک الکتریکی استفاده نشد و در صورت لزوم با استفاده از دست و یا ایجاد محرک صوتی روی درپوش نوارگردان، حیوانات وادار به ادامه تمرین گردیدند. توان هوازی بیشینه

پاستور ایران بود. حجم نمونه، در سطح معنی داری ۵ درصد و توان آماری ۹۵ درصد و با استفاده از نرم افزار Medcalc 18.2.1 به تعداد ۸ سر رت در هر گروه تعیین شد گروه‌ها شامل موارد ذیل بودند:

۱- گروه کنترل (C): در این گروه هیچ مداخله‌ای انجام نشد.
 ۲- گروه دیابتی (D): در این گروه به رت‌ها داروی استرپتوزوتوسین با دوز ۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم تزریق شد.
 ۳- گروه دیابتی + بربرین کلراید با دوز ۱۵mg/kg [D+Br(15)]: در این گروه رت‌های دیابتی، بربرین کلراید به میزان ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم به مدت ۶ هفته به صورت گاواژ دریافت کردند. (۱۵)

۴- گروه دیابتی + بربرین کلراید با دوز ۳۰ mg/kg [D+Br(30)]: در این گروه رت‌های دیابتی، بربرین کلراید به میزان ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم به مدت ۶ هفته به صورت گاواژ دریافت کردند. (30)

۵- گروه دیابتی + تمرین هوازی (D+AT): حیوانات پس از القای دیابت، یک برنامه شش هفته‌ای تمرین هوازی را اجرا کردند.

۶- گروه دیابتی+بربرین کلراید با دوز ۱۵ mg/kg + تمرین هوازی [D+ Br(15)+ AT]: حیوانات پس از القای دیابت، بربرین به میزان ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم به مدت ۶ هفته به صورت گاواژ دریافت کردند و در یک برنامه شش هفته‌ای، تمرین هوازی را اجرا کردند.

۷- گروه دیابتی + بربرین کلراید با دوز ۳۰ mg/kg + تمرین هوازی [D+ Br(30)+ AT]: حیوانات پس از القای دیابت، بربرین به میزان 30 میلی گرم بر کیلوگرم به مدت ۶ هفته به صورت گاواژ دریافت کردند و در یک برنامه شش هفته‌ای، تمرین هوازی را اجرا کردند.

۸- گروه کنترل + تمرین هوازی (C+AT): این گروه در یک برنامه شش هفته‌ای، تمرین هوازی را اجرا کردند.

به دو گروه از گروه‌هایی که دیابتی نبودند به منظور وارد کردن استرس ناشی از تزریق به همه حیوانات، حجمی معادل با STZ تزریقی در گروه‌های تجربی، محلول نرمال سالین تزریق شد.

افزایش یافت. با توجه به سرعت نهایی به دست آمده در انتهای آزمون بیشینه، سرعت موردنظر در شدت‌های برنامه تمرینی به دست آمد و VO_{2max} با در نظر گرفتن یک نسبت تبادل تنفسی^۲ بزرگتر از ۱ برای هر رت محاسبه شد (۲۶).

(VO_{2max})^۱ فقط در ابتدای برنامه تمرین و پس از ۶ هفته مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برنامه گرم کردن هر رت به مدت ۱۵ دقیقه با شدت ۴۰ تا ۵۰ درصد از VO_{2max} قبل از اجرای برنامه تردمیل بود. سرعت تردمیل هر ۲ دقیقه یک بار به میزان ۱/۸ متر بر دقیقه تا زمان رسیدن به خستگی

جدول ۱: برنامه تمرین استقامتی

متغیرهای تمرین	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم
سرعت (متر بر دقیقه)	۱۰	۱۰	۱۴-۱۵	۱۴-۱۵	۱۷-۱۸	۱۷-۱۸
مدت (دقیقه)	۱۰	۲۰	۲۰	۳۰	۳۰	۴۰

را به مدت یک شبانه روز در بافر حاوی آنتی‌بادی مخصوص پروتئین caspase3 نگهداری شدو پس از گذشت زمان مذکور صفحات را با بافر شستشو داده شد در آنتی بادی ثانویه انکوبه گردید. در انتها طبق دستورالعمل، کیت مخصوص سوبسترا افزوده و در نهایت باندهای پروتئینی به کمک دستگاه gel document قابل مشاهده و عکسبرداری شدند. سپس دانسیته باندهای حاصله توسط نرم افزار Image J تعیین و آنالیز گردید (۲۷).

مطالعات بافت شناسی

نیمی از حیوانات هر گروه با دوز ترکیبی کتامین (۳۰-۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و زایلازین (۳-۵ میلی گرم بر کیلوگرم) به طور عمیق بیهوش شدند. بلافاصله با برش میانی پوست جدار قدامی شکم، دیافراگم و کناره خارجی دنده‌ها، قلب نمایان شد. با کنار زدن ریه چپ، شریان آئورت نزولی مسدود گردید. بطن چپ، در طرف نوک قلب برش داده و از این طریق لوله مخصوص پرفیوژن وارد ابتدای شریان آئورت صعودی شد. ابتدا حدود ۲۰۰-۱۵۰ میلی لیتر محلول نرمال سالین برای خارج کردن خون از درون رگ‌ها در مدت زمان حدود ۱۰ دقیقه و سپس ۲ میلی لیتر از محلول فرمالین ۱۰٪ با استفاده از نیروی جاذبه و در مدت زمان ۱۵-۱۰ دقیقه از رگ‌ها عبور داده شد. پس از اتمام عملیات پرفیوژن، بافت کبد خارج

نمونه‌گیری از بافت کبد

تمام حیوانات با شرایط کاملاً مشابه و در شرایط پایه (۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین و بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی)، با ترکیبی از داروی کتامین^۳ (۳۰-۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و زایلازین^۴ (۳-۵ میلی گرم بر کیلوگرم) به صورت داخل صفاقی بی‌هوش شدند. بافت مورد نظر بلافاصله پس از جداسازی و شست و شو با سالین فوراً در تیوب‌های حاوی RNA later جهت جلوگیری از تخریب RNA قرار داده شده سپس بافت مربوط به نیتروژن مایع و سپس فریزر ۸۰- جهت انجام مطالعات مولکولی منتقل می‌کنیم. تغییرات سطح پروتئین caspase-3 توسط تکنیک وسترن بلات مورد ارزیابی قرار گرفت.

بررسی تغییرات سطح پروتئین caspase3 توسط

تکنیک وسترن بلات

مرحله‌ی اول در انجام تکنیک وسترن بلات هموژنیزاسیون بافت توسط بافر لیز و تعیین غلظت پروتئین به روش برادفورد است. سپس جداسازی پروتئین است که توسط الکتروفورز با ژل اکریل‌آمید (SDS-PAGE) انجام گرفت. پس از آن فراکشن‌های جدا شده از ژل را به کاغذهای نیتروسولوز انتقال دادیم. سپس صفحات نیتروسولوز را در محلول ۵ درصد BSA در بافر مخصوص بلوکه شد. در مرحله بعد صفحات نیتروسولوز

³ Ketamine

⁴ Xylazine

¹ Maximum Oxygen Consumption

² Respiratory exchange ratio

برش ها در PBS فرو برده شدند که این عمل ۴ بار با محلول - های PBS تازه تکرار شد. و در نهایت با استفاده از چسب انتلان، مونته کردن انجام گردید و لام‌ها پس از خشک شدن با میکروسکوپ نوری با بزرگ نمایی ۴۰۰ بررسی شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تعیین نرمال بودن توزیع نمونه‌ها از آزمون کولموگراف - اسمیرنوف استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از این مطالعه از آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. تمامی داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار ارائه شد. محاسبات با استفاده از نرم افزار *prism* مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. $P < 0.05$ ملاک معنی داری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

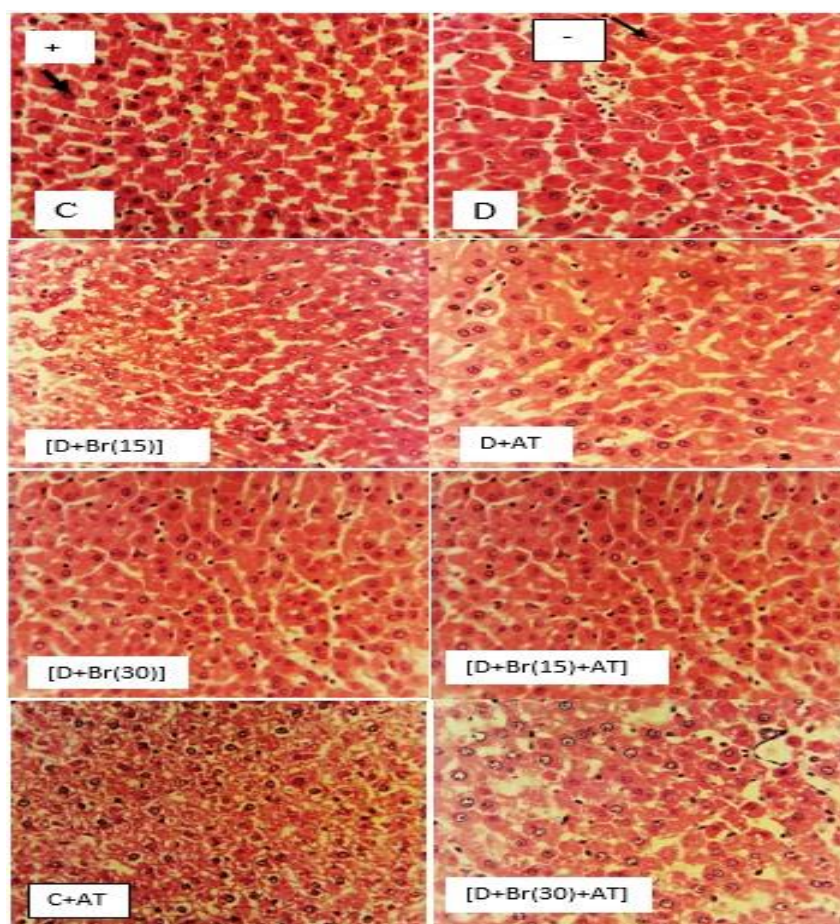
نتایج بررسی آپوپتوز با تست تانل

شکل ۱ میزان آپوپتوز در بافت کبد گروه‌های مورد بررسی در طی ۶ هفته آزمون نشان می‌دهد.

گردید. تمامی نمونه‌های مورد نظر بلافاصله بعد از خارج شدن از بدن حیوان در ظروف نگهداری نمونه محتوی همان ثابت کننده‌ای که جهت پرفیوژن استفاده می‌شود منتقل شد. پس از آماده سازی بافتی، بلوک‌های پارافینی به منظور بررسی آپوپتوز سلولی برش داده شد.

بررسی آپوپتوز

مرگ برنامه‌ریزی شده سلول‌های کبدی با استفاده از کیت تانل (TUNEL، شرکت Roche آلمان) که قطعه قطعه شدن DNA هسته‌ای در نتیجه مرگ برنامه‌ریزی شده سلولی را نشان می‌دهد (مطابق دستورالعمل کیت) مورد بررسی قرار گرفت. از بافت‌های کبد موجود در پارافین مقاطع ۷ میکرومتر تهیه شد و به آنها پروتئین کیناز K (۲ میکرو گرم در میلی لیتر در PBS، شرکت Roche آلمان) اضافه گردید و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها به PBS منتقل و ۵ دقیقه در آن نگهداری شدند. آنگاه به برش‌ها ۵۰ میکرومتر از محلول مخلوط کیت تانل (TUNEL Label Mix) اضافه گردید و در اتاقک مرطوب ۳۷ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت در تاریکی قرار گرفتند. سپس

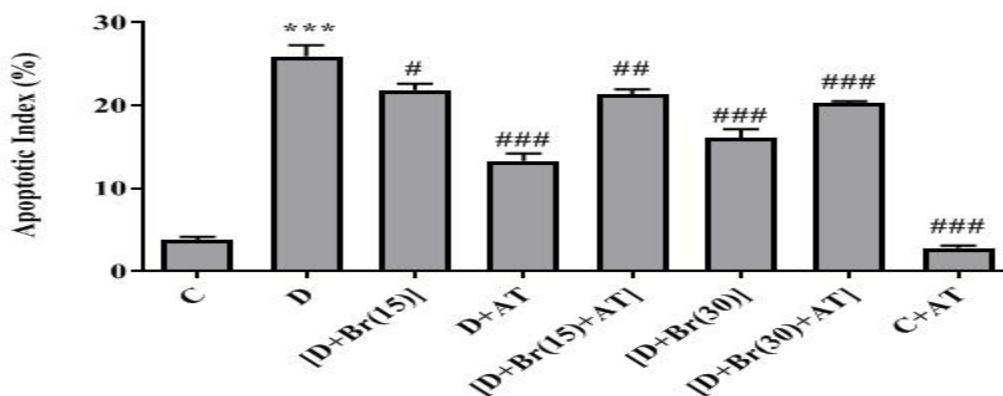


شکل ۱- میزان آپوپتوز در بافت کبد گروه‌های ارزیابی شده با تست تانل

+ هسته سلول سالم، - هسته سلول آپوپتوز شده

در این تحقیق درصد سلول‌های آپوپتوتیک به کل سلول‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. درصد سلول‌های آپوپتوز در گروه کنترل دیابتی در مقایسه با گروه کنترل سالم افزایش معنی‌دار نشان داد ($P > 0/001$). در گروه دیابتی با مصرف دوز 30 mg/kg و 15 mg/kg (به ترتیب $P > 0/05$ و $P > 0/001$). میزان درصد سلول‌های آپوپتوز در گروه دیابتی با تمرین هوازی در مقایسه با گروه کنترل دیابتی نیز از نظر آماری کاهش معنی‌دار یافته است ($P > 0/001$). در نمودار ۱ درصد سلول‌های آپوپتوز بافت کبد نشان داده شده است.

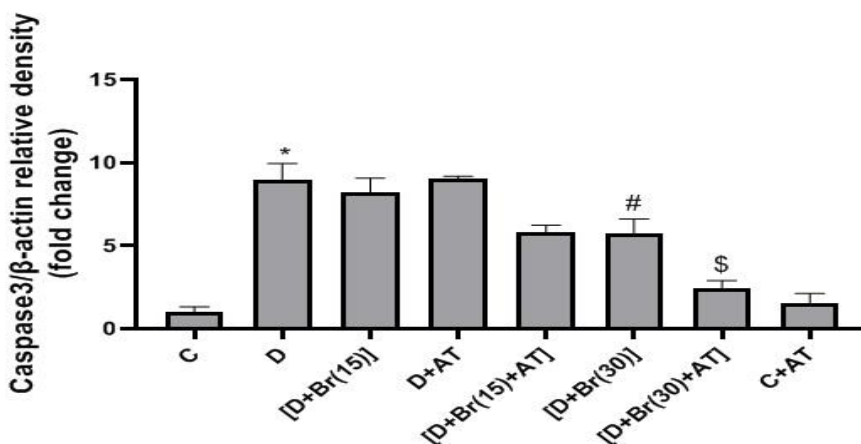
در این تحقیق درصد سلول‌های آپوپتوتیک به کل سلول‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. درصد سلول‌های آپوپتوز در گروه کنترل دیابتی در مقایسه با گروه کنترل سالم افزایش معنی‌دار نشان داد ($P > 0/001$). در گروه دیابتی با مصرف دوز 30 mg/kg و 15 mg/kg (به ترتیب $P > 0/05$ و $P > 0/001$). میزان درصد سلول‌های آپوپتوز در گروه دیابتی با تمرین هوازی (AT+D) کاهش معنی‌داری در درصد سلول‌های آپوپتوز در مقایسه با گروه دیابتی مشاهده شد.



نمودار ۱- درصد آپوپتوز سلول ها در بافت کبد در گروه های ارزیابی شده با تست تانل .
* در مقایسه با گروه کنترل (C)، # در مقایسه با گروه دیابت (D)

بیان پروتئین caspase3 با استفاده از تکنیک وسترن بلاتینگ در گروه‌های مورد آزمون طی ۶ هفته آزمون مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج بیان پروتئین کاسپاز-۳ (caspase3)



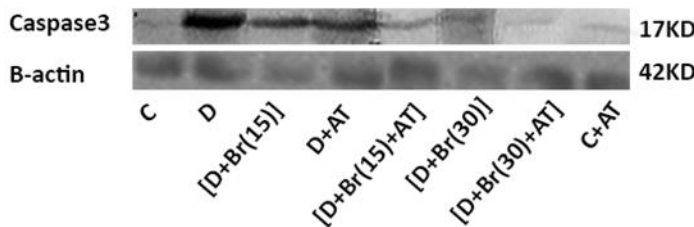
نمودار ۲: بیان پروتئین کاسپاز-۳ نسبت به بیان پروتئین بتا اکتین در بافت کبد گروه های تحقیق
* در مقایسه با گروه کنترل (C)، # در مقایسه با گروه دیابت (D) و \$ در مقایسه با گروه [D+Br(15)+AT]

همچنین بیان این پروتئین در گروه دیابتی با تمرین هوازی و مصرف بربرین کلراید با دوز ۳۰ mg/kg نسبت به گروه دیابتی با تمرین هوازی و مصرف بربرین کلراید با دوز ۱۵ mg/kg کاهش معنی داری ($P > 0.05$) داشت. در سایر گروه‌های

نتایج بررسی نشان داد که بیان پروتئین کاسپاز ۳ در گروه‌های کنترل دیابتی (D) نسبت به گروه کنترل سالم (C) افزایش معنی داری ($P > 0.05$) دارد. بیان پروتئین caspase3 در گروه دیابتی با مصرف بربرین با دوز ۳۰ mg/kg نسبت به گروه دیابت کاهش معنی داری ($P > 0.05$) نشان داد.

در شکل ۲ باندهای حاصل از بیان کاسپاز ۳ با B-actin نشان داده شده است.

درمان هیچ کاهش معنی داری نسبت به گروه کنترل دیابتی و دیگر گروه‌های درمان مشاهده نشد.



شکل ۲ - باندهای حاصل از تست وسترن بلاتینگ در گروه‌های تحقیق

بحث

در برخی از مطالعات گزارش شده که بربرین کلراید توانسته استرس اکسیداتیو کاهش داده و باعث افزایش دفاع آنتی اکسیدانی در کبد موش‌های دیابتی گردد (۱۶). از نتایج دیگر این تحقیق تغییر در میزان بیان پروتئین کاسپاز ۳ در بافت کبد رت‌های دیابتی بود. نتایج نشان داد بربرین کلراید در دوز ۱۵ و ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم توامان با تمرین هوازی می‌تواند منجر به کاهش میزان کاسپاز ۳ در سلول‌های کبدی شد که مقدار این کاهش در مصرف بربرین کلراید به همراه تمرین هوازی با دوز ۳۰ mg/kg بیشتر بود. نتایج فوق با تحقیق عزیزی هم‌هنگ بود. نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از کاهش سطوح پروتئین کاسپاز ۳ و Bax در بافت کلیه گروه تمرین هوازی + دوز ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم بربرین نسبت به گروه‌های دیگر بود، هم‌هنگ بود (۳۳). افزایش بیان کاسپاز ۳ در گروه دیابتی می‌تواند آپوپتوز در بافت کبد رت‌های دیابتی را القا کند. هیپرگلیسمی با افزایش رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل موجب بیان بالای پروتئین Bax، سپس جابه-جایی Bax به میتوکندری که در نهایت منجر به آزاد شدن سیتوکروم C و فعال شدن caspase3 می‌شود (۳۴).

مطالعات نشان دادند که دیابت و افزایش قند خون در رت‌ها باعث القا کاهش گلوکوتاتیون در میتوکندری سلول‌های کبدی و افزایش تولید میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژن، شکل‌گیری کانال‌های غشایی در میتوکندری، فعال شدن کاسپاز ۳ و ۹ و در نهایت آپوپتوز سلول‌های کبدی می‌گردد (۳۵). تمرین هوازی منظم یک رویکرد سالم و موثر غیر دارویی در جهت

یافته‌های حاصل از این مطالعه حاکی نشان داد که میزان سلول‌های آپوپتوز با القای دیابت افزایش یافته است و بربرین کلراید در دوز ۱۵ و ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم به تنهایی و همراه با تمرین هوازی می‌تواند منجر به کاهش میزان آپوپتوز در سلول‌های کبدی شد. نتایج فوق با تحقیق صحرایی و همکاران در مورد این که بربرین کلراید همراه با فعالیت ورزشی احتمالاً از طریق تنظیم افزایشی مسیر Nrf2/HO-1 و PPAR γ می‌تواند آسیب کبدی ناشی از STZ را مهار کند، مطابقت دارد (۲۸). همچنین با تحقیق Chandirasegaran و همکاران که تجویز بربرین کلراید به طور قابل توجهی کبد را از عدم تعادل آنتی اکسیدانی، التهاب و آپوپتوز ناشی از هیپرگلیسمی بهبود می‌بخشد و همچنین عدم تعادل در آنزیم‌های متابولیسم کربوهیدرات را اصلاح می‌کند، همخوانی دارد (۲۹). در مطالعات متعددی گزارش شده است که حضور عوامل آنتی اکسیدانی نقش دفاعی و محافظتی در کاهش مرگ سلول‌های کبدی متعاقب بیماری دیابت دارد. بربرین به عنوان یک نمک آلكالوئیدی می‌باشد که در بسیاری از گیاهان از جمله، زرشک یافت می‌شود. تا به اکنون مطالعات زیادی اثرات درمانی و مؤثر بربرین را نشان داده‌اند. از آن جمله می‌توان به اثرات بسیار قوی آنتی اکسیدانی بربرین اشاره کرد (۳۰). اثرات آنتی اکسیدانی بربرین در آلزایمر (۳۱) و ضد تومور (۳۲) ثابت شده است.

نتیجه تمرین هوازی، پاسخ جبرانی به افزایش فشار اکسایشی ناشی از استرپتوزوتوسین می‌باشد (۳۹). به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی هوازی با کنترل فشار اکسایشی و بهبود وضعیت التهابی از طریق افزایش بیان $Nrf2$ و $NF-\kappa B$ ، آسیبهای ناشی از دیابت را در بافت های بدن کاهش می‌دهد (۳۸). به نظر می‌رسد در این تحقیق مصرف بربرین کلراید توامان با تمرین هوازی از طریق افزایش بیان $Nrf2$ و $NF-\kappa B$ ، با اثرات هم افزایی که داشتند، باعث کاهش میزان بیان پروتئین $caspase-3$ در بافت کبد موش های دیابتی شده است. یافتن مکانیسم‌های دقیقتر اثرات بربرین کلراید و تمرین هوازی مستلزم آزمایشات گسترده‌تر و دقیق‌تری می‌باشد.

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بربرین کلراید و تمرین هوازی یک روش کمک درمانی مناسب برای محافظت از بافت کبد در برابر آپوپتوز ناشی از دیابت می‌باشد. همچنین بربرین کلراید در دوز ۱۵ و ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم توامان با تمرین هوازی می‌تواند منجر به کاهش میزان کاسپاز ۳ در سلول های کبدی شد که مقدار این کاهش در مصرف بربرین کلراید به همراه تمرین هوازی با دوز 30 mg/kg بیشتر می‌باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از تمامی عزیزانی که در به ثمر نشستن این پژوهش بنده را یاری و راهنمایی نمودند نهایت سپاس و قدردانی را دارم. این پژوهش استخراج شده از رساله دکتری رشته فیزیولوژی ورزشی دانشگاه آزاد رشت می‌باشد.

مدیریت دیابت نوع دو می‌باشد و کمک به کنترل بهتر گلوکز و کاهش وزن بدن می‌گردد. $Nrf2$ (یک فاکتور رونویسی متعلق به خانواده زیپ لوسین بازی) یک عامل رونویسی است که رونویسی ژن‌های مختلفی را برای حفظ هومئوستاز و فشارهای مضر سلولی تنظیم می‌کند. استرس اکسیداتیو باعث انتقال $Nrf2$ به هسته شده، جایی که در آن آنزیم‌های دفاعی آنتی اکسیدانی و هم اکسیژناز ($HO-1$) تنظیم افزایشی دارد. گزارش شده است که افزایش فشار اکسایشی در شرایطی نظیر دیابت، می‌تواند باعث تنظیم کاهش $Nrf2$ شده و استفاده از بربرین کلراید می‌تواند با اثرات آنتی اکسیدانی و ضدالتهابی که دارد، باعث افزایش بیان $Nrf2$ شود (۳۶). به نظر می‌رسد بربرین می‌تواند باعث سرکوب بیان $NF-\kappa B$ و واسطه‌های التهابی از طریق $PPAR\gamma$ شود (۳۷). مطالعات متعددی نشان داده که فعال شدن $PPAR\gamma$ باعث محافظت کبد در برابر آسیب‌های کبدی از طریق کاهش فشار اکسایشی، التهاب و آپوپتوز شود. به احتمال زیاد به نظر می‌رسد که کاهش بیان پروتئین $caspase3$ در بافت کبد در مطالعه مان در دوز ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم می‌تواند به علت فعال شدن $Nrf2$ و $PPAR\gamma$ توسط بربرین باشد. شواهد تجربی نشان داده است که فعال شدن $PPAR\gamma$ می‌تواند بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهد (۳۸). مطالعه $Sahraei M$ و همکارانش نشان دادند که مسیر $Nrf2/HO-1$ می‌تواند تحت تاثیر فعالیت ورزشی هوازی قرار بگیرد. گزارش شده است که که تمرین منظم هوازی با افزایش فعالیت مسیر $Nrf2/HO-1$ در کبد، کلیه و قلب نقش مهمی در جلوگیری از آسیب اکسایشی سلولی و آپوپتوز دارد. افزایش بیان $Nrf2$ و $HO-1$ کبدی در

منابع

1. Nithya R, Devi VR, Selvam R, Subramanian SP. Sinapic acid regulates glucose homeostasis by modulating the activities of carbohydrate metabolizing enzymes in high fat diet fed-low dose STZ induced experimental type 2 diabetes in rats. *Glob J Obes Diabetes Metab Syndr*. 2017; 4(2): 054-061.
2. Luitse MJ, Biessels GJ, Rutten GE, Kappelle LJ. Diabetes, hyperglycaemia, and acute ischaemic stroke. *Lancet Neurol*. 2012; 11: 261-71.
3. Kahn B, Flier J. Obesity and insulin resistance. *J Clin Invest*. 2000;106(4):473-481.
4. Kannel WB, McGee DL. Diabetes and cardiovascular risk factors. *NHLBI*. 1979; 59:8-13.
5. Kakkar R, Mantha SV, Radhi J, Prasad K, Kalra J. Increased oxidative stress in rat liver and pancreas during progression of streptozotocin-induced diabetes. *Clin Sci*. 1998; 94 (6): 623-632.
6. Mohamed J, Nafizah AN, Zariyantey A, Budin S. Mechanisms of diabetes-induced liver damage: the role of oxidative stress and inflammation. *Sultan Qaboos Univ Med J*. 2016; 16(2): e132-e141.
7. Lucchesi AN, Freitas NTd, Cassettari LL, Marques SFG, Spadella CT. Diabetes mellitus triggers oxidative stress in the liver of alloxan-treated rats: a mechanism for diabetic chronic liver disease. *Acta Cir. Bras*. 2013; 28 (7) 502 -8.
8. Giacco F, Brownlee M. Oxidative stress and diabetic complications. *Circ. Res*. 2010;107:1058-1070.
9. Schattenberg JM, Galle PR, Schuchmann M. Apoptosis in liver disease. *Liver Int*. 2006; 904-911.
10. Ingaramo PI, Ronco MT, Francés DE, Monti JA, Pisani GB, Ceballos MP, et al. Tumor necrosis factor alpha pathways develops liver apoptosis in type 1 diabetes mellitus. *Mol*. 2011; 1397-1407
11. Karimi MN, Abbasalipourkabir R, Arab Sadeghabadi Z, Ziamajidi N. The level of gene expression of Bax and Bcl-2 and the activity of caspase 3 in the liver tissues of normal, type 1 and type 2 diabetic rats before and after treatment with aqueous extract of garlic. *JSSU*. 2017; 25(7): 547-555.
12. Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes Care*. 2006;29(11):2518-27.
13. Ko JR, Seo DY, Kim TN, Park SH, Kwak H-B, Ko KS, et al. Aerobic exercise training decreases hepatic asprosin in diabetic rats. *J. Clin. Med*. 2019; 8(5)- 666.
14. Keating SE, Hackett DA, Parker HM, O'Connor HT, Gerofi JA, Sainsbury A, et al. Effect of aerobic exercise training dose on liver fat and visceral adiposity. *J. Hepatol*. 2015; 174-182.
15. Shapiro K, Gong WC. Natural products used for diabetes. *J. Am. Pharm. Assoc*. 2002; 217-226.
16. Chandirasegaran G, Elanchezhiyan C, Ghosh K, Sethupathy S. Berberine chloride ameliorates oxidative stress, inflammation and apoptosis in the pancreas of Streptozotocin induced diabetic rats. *Biomed. Pharmacother*. 2017; 175-185.
17. Wojtyczka RD, Dziedzic A, Kępa M, Kubina R, Kabała-Dzik A, Mularz T, et al. Berberine enhances the antibacterial activity of selected antibiotics against coagulase-negative Staphylococcus strains in vitro. *Molecules* 2014; 19(5): 6583-6596.
18. Pierpaoli E, Arcamone AG, Buzzetti F, Lombardi P, Salvatore C, Provinciali M. Antitumor effect of novel berberine derivatives in breast cancer cells. *Biofactors*. 2013;672-679.
19. Chandirasegaran G, Elanchezhiyan C, Ghosh K. Modulatory effects of berberine chloride on lipid profile, oxidant status and insulin signaling molecules in streptozotocin induced diabetic rats. *Indian J Clin Biochem*. 2019; 34: 254-262.
20. Han L, Sheng W, Li X, Sik A, Lin H, Liu K, et al. Novel carbohydrate modified berberine derivatives: synthesis and in vitro anti-diabetic investigation. *Med. Chem. Commun*. 2019;10:598-605.
21. Kulkarni SK, Dhir A. On the mechanism of antidepressant-like action of berberine chloride. *Eur. J. Pharmacol*. 2008;163-172.
22. Chandirasegaran G, Elanchezhiyan C, Ghosh K. Effects of Berberine chloride on the liver of streptozotocin-induced diabetes in albino Wistar rats. *Biomed. Pharmacother*. 2018; 227-236.
23. Pan L-r, Tang Q, Fu Q, Hu B-r, Xiang J-z, Qian J-q. Roles of nitric oxide in protective effect of berberine in ethanol-induced gastric ulcer mice. *Acta Pharmacol. Sin*. 2005; 26 (11): 1334-1338.
24. Kazemi F, Zahedi Asl S. The correlation of plasma levels of apelin-13 with insulin resistance index and plasma leptin of diabetic male rats after 8-week aerobic exercise. *AMUJ*. 2015;18(6):51-60.

25. Ayman M. Mahmoud1* MMA-R, Nermin A. Bastawy2, Hassan M .Eissa2. Modulatory effect of berberine on adipose tissue PPAR γ , adipocytokines and oxidative stress in high fat diet/streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Appl. Pharm. Sci.* 2017; 7 (04): pp. 001-010.
26. Ramezani J, Azarbayjani MA, Peeri M. Simultaneous effects of aerobic training and berberine chloride on plasma glucose, IL-6 and TNF- α in type 1 diabetic male Wistar rats. *Nutr. Food Sci.* 2019;6(1):9-16.
27. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 1976; 248-254.
28. Sahrasyi M. Abdi A. Jalal h. Protective Effect of Berberine Chloride and Aerobic Training on Liver Nrf2/HO-1 Pathway and PPAR γ in Streptozotocin-induced Diabetic Rats. *ARDABIL UNIVERSITY OF MEDICAL SCIENCES.* 1399. 20(3).[persian]
29. Chandirasegaran G, Elanchezhayan C, Ghosh K .Effects of Berberine chloride on the liver of streptozotocin-induced diabetes in albino Wistar rats *Biomedicine & Pharmacotherapy .* Volume 99, March 2018, Pages 227-236
30. Yaribeygi H, Atkin SL, Sahebkar A. A review of the molecular mechanisms of hyperglycemia-induced free radical generation leading to oxidative stress. *J. Cell. Physiol.* 2019;1300-1312.
31. Pongkittiphan V, Chavasiri W, Supabphol R. Antioxidant effect of berberine and its phenolic derivatives against human fibrosarcoma cells. . *Asian Pac J Cancer Prev.* 2015; 16 (13): 5371-5376.
32. Cai Z, Wang C, Yang W. Role of berberine in Alzheimer's disease. *Neuropsychiatr. Dis. Treat.* 2016; 12: 2509–2520.
33. Azizi A. Investigating the effect of six weeks of aerobic training and the use of different doses of berberine chloride hydrate supplement on the apoptotic markers caspase 3, Bcl 2 and Bax in the kidney tissue of diabetic rats. 2018. Thesis [persian].
34. Hasnan J, Yusoff M, Damitri T, Faridah A, Adenan A, Norbaini T. Relationship between apoptotic markers (Bax and Bcl-2) and biochemical markers in type 2 diabetes mellitus. *S. Singapore Med J.* 2010;51.۰۰:(۱).
35. Francés DE, Ronco MT, Monti JA, Ingaramo PI, Pisani GB, Parody JP, et al. Hyperglycemia induces apoptosis in rat liver through the increase of hydroxyl radical: new insights into the insulin effect. *J. Endocrinol.* 2010; 205, 187–200.
36. Ray PD, Huang B-W, Tsuji Y. Reactive oxygen species (ROS) homeostasis and redox regulation in cellular signaling. *Cell. Signal.* 2012;24(5):981-90.
37. Mahmoud AM, Hozayen WG, Ramadan SM. Berberine ameliorates methotrexate-induced liver injury by activating Nrf2/HO-1 pathway and PPAR γ , and suppressing oxidative stress and apoptosis in rats. *Biomed. Pharmacother.* 2017; 280-291.
38. Sahraei M, Abdi A, Jalal H. Protective Effect of Berberine Chloride and Aerobic Training on Liver Nrf2/HO-1 Pathway and PPAR γ in Streptozotocin-induced Diabetic Rats. *Res. Sci. J. Ardabil Univ. Med. Sci. Health Serv.* 2021;296-306.
39. Golbidi S, Badran M, Laher I. Antioxidant and anti-inflammatory effects of exercise in diabetic patients. *Exp. Diabetes Res.* 2012;16.